

**MANUAL DE ILUMINACIÓN INTERIOR
(ILUMINACIONES TÉCNICAS S.A.)**

**EDWARD ANDRES SOTO MAZO
JAIRO ALONSO PAZ ZAPATA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ENERGÉTICA Y MECÁNICA
PROGRAMA INGENIERÍA ELÉCTRICA
SANTIAGO DE CALI**

2006

**MANUAL DE ILUMINACIÓN INTERIOR
(ILUMINACIONES TÉCNICAS S.A.)**

**EDWARD ANDRES SOTO MAZO
JAIRO ALONSO PAZ ZAPATA**

Informe final de pasantía para optar al título de Ingeniero Electricista.

Director

LUÍS EDUARDO ARAGÓN RANGEL
Ingeniero Electricista. M.Sc.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ENERGÉTICA Y MECÁNICA
PROGRAMA INGENIERÍA ELÉCTRICA
SANTIAGO DE CALI
2006**

Nota de aceptación:

Aprobado por el comité de grado en su cumplimiento por los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Electricista.

Ing. DIEGO FERNANDO ALMARIO

Director del programa de Ingeniería Eléctrica.

Santiago de Cali, 24 de Noviembre del 2006.

CONTENIDO

	Pag.
RESUMEN	16
INTRODUCCIÓN	17
1. TIPOS DE LÁMPARAS Y LUMINARIAS	18
1.1. LÁMPARA	18
1.1.1. Historia	18
1.1.2. Lámparas incandescentes	18
1.1.3. Lámparas fluorescentes	21
1.1.4. Lámparas de mercurio de alta presión	24
1.1.5. Lámparas con halogenuros metálicos (metal halide)	26
1.1.6. Lámparas de vapor de sodio a alta presión	28
1.1.7. Lámparas con diodos emisores de luz	29
1.2. LUMINARIAS	30
1.2.1. Sistemas de montaje	31
1.2.2. Elementos principales	35
1.2.2.1. Reflectores	35
1.2.2.2. Difusores	37
1.2.2.2.1. El acrílico opal	38
1.2.2.2.2. El acrílico prismático	39
1.2.2.2.3. Las rejillas difusoras	39
2. CONCEPTOS DE ILUMINACION	42
2.1. LA LUZ	42
2.1.2. Naturaleza de la luz	42
2.1.3. Radiación	43
2.1.4. El color	45

2.1.4.1. El espectro visible	45
2.1.4.2. Rendimiento del color	45
2.1.4.3. Temperatura del color	48
2.1.5. Magnitudes de iluminación	50
2.1.5.1 Flujo luminoso	50
2.1.5.2. Intensidad luminosa	52
2.1.5.3. Iluminancia	54
2.1.5.4. Emitancia	55
2.1.5.5. Luminancia	55
2.1.6. Las unidades luminotécnicas	58
2.1.6.1. Unidades de intensidad luminosa	58
2.1.6.2. Unidades de flujo luminoso	59
2.1.6.3. Unidades de iluminancia	61
2.1.6.4. Unidades de emitancia	62
2.1.6.5. Unidades de luminancia	63
2.1.6.6. Luminancia o brillo fotométrico	64
2.1.6.7. Contraste	65
2.1.6.7.1. Sensibilidad de contraste	65
2.1.6.8. Reflectancia	66
2.2. FACTORES QUE DETERMINAN EL CONFORT VISUAL	67
2.2.1. Deslumbramiento	68
2.2.2. Niveles de iluminación	69
2.2.3. Iluminación uniforme	72
2.2.4. Reproducción del color	72
3. DISEÑO DE ILUMINACIÓN INTERIOR	74
3.1. CONDICIONES DE LA ILUMINACIÓN GENERAL	74
3.2 METODOS DE ILUMINACIÓN	75
3.2.1. Métodos primarios de iluminación	75
3.2.1.1. Iluminación general	75

3.2.1.2. Iluminación localizada	76
3.2.1.3. Iluminación local + iluminación general	77
3.2.2. Métodos secundarios de iluminación	78
3.2.2.1. Iluminación de acentuación	78
3.2.2.2. Iluminación decorativa	79
3.2.2.3. Iluminación integrada a la arquitectura	80
3.2.2.4. Iluminación de ambientación	81
3.3. SISTEMAS DE ILUMINACIÓN	81
3.3.1. Iluminación directa	81
3.3.2. Iluminación semidirecta	84
3.3.3. Iluminación indirecta	85
3.4. CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN	87
3.4.1. Índice de cavidad del recinto (RCR)	88
3.4.2. Reflectancias	89
3.4.3. Factor o coeficiente de utilización	89
3.4.4. Factor de mantenimiento	91
3.4.5. Ejemplo cálculo de iluminación	91
4. APLICACIONES	93
4.1. ILUMINACION DE INTERIORES INDUSTRIALES	93
4.1.1. Especificaciones técnicas industriales	93
4.1.2. Niveles de iluminación	97
4.1.3. Tipos de edificios industriales	97
4.1.3.1. Áreas industriales de altura normal	97
4.1.3.2. Áreas industriales de mediana altura	99
4.1.3.3. Áreas industriales de gran altura	101
4.1.4. Consideraciones especiales en la industria	103
4.2. ILUMINACION DE OFICINAS	105
4.2.1. Niveles de iluminación	105
4.2.2. Oficinas generales abiertas	105

4.2.3. Oficinas privadas	108
4.2.4. Salas de conferencias	109
4.3. ILUMINACIÓN DE LOCALES COMERCIALES	110
4.3.1. Requisitos para iluminar un local comercial	111
4.3.2. Niveles de iluminación	111
4.3.3. Apariencia del color	111
4.3.4. Consideraciones del diseño de un local comercial	112
4.3.4.1. Iluminación de grandes superficies	112
4.3.4.2. Iluminación de locales pequeños	114
4.4. ILUMINACIÓN DE AULAS	116
4.5. ILUMINACIÓN DE HOTELES Y RESTAURANTES	117
4.5.1. Hall de entrada, recepción y sala de estar	118
4.5.2. Restaurantes	121
4.5.3. Habitaciones	122
4.5.4. Áreas de servicio	123
4.6. ILUMINACION DE HOSPITALES	123
4.6.1. Habitaciones del hospital	124
4.6.2. Consultorios	125
4.6.3. Salas de operaciones	125
4.6.4. Otras áreas hospitalarias	126
4.7. ILUMINACIÓN RESIDENCIAL	127
4.7.1. El comedor	128
4.7.2. La cocina	129
4.7.3. Dormitorios	130
4.8. AREAS COMUNES	132
4.8.1. Circulaciones	132
4.8.2. Baños	135
4.9. ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA	136
4.9.1. Iluminación en rutas de evacuación	137

4.9.2. Iluminación de seguridad	137
5. CONCLUSIONES	138
BIBLIOGRAFIA	139
ANEXOS	140

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1 Interpretación en color de la temperatura relacionada.	48
Tabla 2.2. Relaciones entre las unidades de intensidad luminosa	59
Tabla 2.3. Flujo luminoso de algunas lámparas	61
Tabla 2.4. Relaciones entre las unidades de iluminancia	62
Tabla 2.5. Correspondencia entre las diversas unidades de luminancia de los dos grupos.	64
Tabla 2.6. Relaciones entre las unidades de luminancia	64
Tabla 2.7. Porcentajes de reflectancias en colores y materiales.	67
Tabla 2.8 Niveles de típicos de iluminación aceptados para diferentes áreas según Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE.	70
Tabla 2.9 Grupos de reproducción de color de las lámparas. CIE	73
Tabla 4.1. Clasificación IEC de luminarias de acuerdo a su grado de protección contra polvo y humedad.	94
Tabla 4.2. Comparativo de características de luminarias para montaje alto.	100

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Lámparas incandescentes	19
Figura 1.2 Lámparas incandescentes halógenas	19
Figura 1.3 Partes de una lámpara incandescente	20
Figura 1.4 Funcionamiento de una lámpara fluorescente	22
Figura 1.5 Lámparas fluorescentes lineales	23
Figura 1.6 Lámparas fluorescentes compactas	23
Figura 1.7 Partes de una lámpara fluorescente	24
Figura 1.8 Lámparas de mercurio	25
Figura 1.9 Partes de una lámpara de mercurio de alta presión	26
Figura 1.10 Lámparas de halogenuros metálicos	27
Figura 1.11 Partes de una lámpara con halogenuros metálicos	27
Figura 1.12 Lámparas de sodio	28
Figura 1.13 Partes de una lámpara de sodio a alta presión	29
Figura 1.14 Diodo emisor de luz	30
Figura 1.15 Lámpara de diodos leds	30
Figura 1.16 Ejemplos de luminarias	31
Figura 1.17 Luminaria bala ref. ITD32P 2T42641/E1	32
Figura 1.18 Luminaria ref. IT LFS-I 1X4/2T83241/E1	32
Figura 1.19 Luminaria ref. IT CCCE-S 1X4/2T83241/E1	32
Figura 1.20 Luminaria ref. IT CCCEM-S 1X4/2T83241/E1	33
Figura 1.21 Luminaria ref. IT 400-001-C 1X4/2T83241/E1	33
Figura 1.22 Luminaria ref. IT SPOT-C 1X4/5X50W/E1	33
Figura 1.23 Luminaria apliqué ref. IT WPERFO 1X100W	34
Figura 1.24 Luminaria apliqué ref. ITD406 1T41841/E1	34
Figura 1.25 Luminaria ref. IT CORTESIA 1X60W	34
Figura 1.26 Luminaria ref. IT PISO 1X70MHQI/M2	35
Figura 1.27 Reflector y distribución de la luz	36
Figura 1.28 Luminaria ref. IT BAÑADORA-S 1X4/1T83241/E1	36
Figura 1.29. Luminaria ref. IT IF-SAE 1X4/1T83241/E1	37
Figura 1.30 Luminaria ref. IT ILTELUX-ESPECIAL-SRPC 2X4/4T83250/E1	37
Figura 1.31. Luminaria ref. IT ILTELUX-SR 1X4/ENV,E12/2T83241/E1	37
Figura 1.32. Luminaria ref. IT ILTELUXH-IP 2X4/4T83241/E1	38
Figura 1.33. Luminaria ref. IT ILTELUX-IMP 1X1/2T44241/E1	38
Figura 1.34. Luminaria ref. IT CAPG-SP 1X2/2T81541/E1	39
Figura 1.35. Ejemplos de aplicación de acrílico prismático.	39

Figura 1.36. Luminaria ref. IT ILTELUX-IR 2X2/ ENV,E16 /4T81741/E1	40
Figura 1.37 Luminaria ref. IT ILTELUX-IR 1X4/SEMI ENV,E12/2T83241/E1	40
Figura 1.38 Luminaria ref. IT ILTELUX IRMF1X2/SEMIENV,E12/2T524HO41/E1	40
Figura 1.39 Luminaria bala ref. ITD33R 2T43241/E1	41
Figura 2.1 Ondas producidas en un líquido	42
Figura 2.2 Amortiguación de las ondas producidas por un líquido	43
Figura 2.3 Elementos que constituyen una radiación	44
Figura 2.4 Representación gráfica de la longitud de onda y el espectro visible	45
Figura 2.5 Reflexión y absorción de la luz	46
Figura 2.6 Espectro de luz para cada tipo de lámpara	47
Figura 2.7 Temperaturas de color de algunas fuentes en grados Kelvin (Valores aproximados)	48
Figura 2.8 Esta imagen permite observar las cualidades de color de una lámpara fluorescente	50
Figura 2.9 Diagrama energético de una lámpara de incandescencia	51
Figura 2.10 Concepto de intensidad luminosa	52
Figura 2.11 Flujo luminoso emitido en una dirección determinada por una luz que no tiene una distribución uniforme	54
Figura 2.12 Brillo directo de una superficie luminosa	56
Figura 2.13 Brillo indirecto de una superficie iluminada	55
Figura 2.14 De dos objetos igualmente iluminados, aparece más claro el que tiene mayor luminancia	57
Figura 2.15 Definición de la unidad de flujo luminoso	59
Figura 2.16 Definición de la unidad de iluminación	60
Figura 2.17 Cantidad de luz sale de una fuente luminosa en todas las direcciones	61
Figura 2.18 Nivel de Iluminancia	62
Figura 2.19 Brillo fotométrico	65
Figura 2.20 Contrastes de color más efectivos	66
Figura 2.21 Factores que afectan al deslumbramiento	69
Figura 3.1 Iluminación General	76
Figura 3.2 Iluminación localizada	77
Figura 3.3 Iluminación general mas local	77
Figura 3.4 Iluminación de acentuación	79
Figura 3.5 Iluminación decorativa	79
Figura 3.6 Iluminación integrada a la arquitectura	80
Figura 3.7 Iluminación de ambientación	81
Figura 3.8 Ejemplos de luminarias con iluminación directa	81

Figura 3.9 Iluminación directa	82
Figura 3.10 Ejemplos de Luminarias de iluminación semidirecta.	84
Figura 3.11 Iluminación semidirecta	85
Figura 3.12 Ejemplos de luminarias con iluminación indirecta	86
Figura 3.13 Iluminación indirecta	86
Figura 3.14 Descripción del RCR	87
Figura 3.15 Tabla de coeficientes de reflexión	89
Figura 3.16 Reporte fotométrico de una luminaria IF 1x4/2T83241/E1	90
Figura 4.1 Luminaria con protección IP65 Ref. IT100 1X4/2T83241/E1	94
Figura 4.2 Luminaria con protección IP65 Ref. HIGH BAY 1X4/4T554HO41/UNI	95
Figura 4.3 Luminaria para laboratorios Ref. ILTELUX-IMPCH 2X2/4T81741/E1	95
Figura 4.4 Despiece de una luminaria para laboratorios.	96
Figura 4.5 Ejemplo de iluminación en edificación de baja altura utilizando luminarias Ref. LFS-IMFE 1X8/2X2T83250/E1.	98
Figura 4.6. Ejemplo de iluminación en edificación de baja altura utilizando luminarias Ref.ILTELUXIMP1X4/2T83241/E1.	98
Figura 4.7 Ejemplo de iluminación en edificación de mediana altura con aporte de luz natural utilizando luminarias Ref. IF-SAB 1X8/3X3T83241/E1.	100
Figura 4.8 Ejemplo de iluminación en edificación de mediana altura con aporte de luz natural utilizando luminarias Ref. IF-SAE 1X8/2X2T83241/E1.	101
Figura 4.9 Ejemplo de iluminación en edificación de mediana altura utilizando luminarias Ref. LFS-I 2X4/4T83241/E1	101
Figura 4.10 Ejemplo de iluminación en edificación de gran altura utilizando luminarias con lámparas de metal halide 400 W.	102
Figura 4.11 Ejemplo de iluminación en edificación de gran altura utilizando luminarias Ref. HIGH BAY-CFPC 1X4/4T554HO41/E1	103
Figura 4.12 Ejemplo de iluminación en edificación de gran altura utilizando luminarias Ref. HIGH BAY-CFPC 1X4/6T554HO41/E1	103
Figura 4.13 Ejemplos de Iluminación localizada en la industria utilizando luminarias Ref. IF-SAE 1X8/2X2T83241/E1.	104

Figura 4.14 Ejemplos de ubicación de luminarias locales.	104
Figura 4.15 Ejemplo de oficina general utilizando luminarias Ref. ILTELUX-IR 2X2/ENV, 12E/4T81741/E1.	105
Figura 4.16 Ejemplo de oficina general utilizando luminarias Ref. ILTELUX-SR 1X4/ENV, 12E/2T83241/E1.	107
Figura 4.17 Ejemplo de oficina general con divisiones modulares utilizando luminarias Ref. ILTELUX-IR 2X2/ENV, 12E/4T81741/E1.	107
Figura 4.18 Ejemplo de oficina privada utilizando luminarias Ref. ILTELUX-IR2X2/ENV, 12E/4T81741/E1	108
Figura 4.19 Ejemplo de oficina privada con iluminación combinada.	109
Figura 4.20 Ejemplo de sala de conferencias con iluminación combinada.	109
Figura 4.21. La iluminación en el área comercial.	110
Figura 4.22 Ejemplo local comercial con varias alternativas de iluminación	111
Figura 4.23 Local comercial donde el color de las prendas es importante	112
Figura 4.24 Ejemplos de iluminación general de un supermercado utilizando luminarias Ref. IF-SAB1X8/3X3T83241/E1	113
Figura 4.25 Ejemplos de iluminación puntual en un supermercado utilizando luminarias Ref. Bala ITD32P/2T42641/E1.	114
Figura 4.26 Ejemplo de iluminación general con mayor énfasis sobre el producto	115
Figura 4.27 Ejemplo combinando iluminación general, acentuación y decorativa.	115
Figura 4.28 Ejemplo combinando iluminación general y decorativa	116
Figura 4.29 Ejemplo combinando iluminación general y de acentuación en vitrinas	116
Figura 4.30 Ejemplo iluminación en sala de sistemas	117
Figura 4.31 Ejemplo iluminación en aula de clases	117
Figura 4.32 Ejemplo iluminación en aula de clases	118
Figura 4.33 Ejemplo iluminación en aula de clases	119
Figura 4.34 Ejemplo iluminación en hoteles	120
Figura 4.35 Ejemplo iluminación en hall de un hotel	120
Figura 4.36 Ejemplo iluminación recepción	121
Figura 4.37 Ejemplo iluminación en restaurantes	121
Figura 4.38 Ejemplo iluminación en bares	122
Figura 4.39 Ejemplo iluminación habitaciones de un hotel	123

Figura 4.40 Ejemplo iluminación habitaciones de un hospital	124
Figura 4.41 Luminaria Ref. IT CABECERA KCR1X2/2T81741/2M1	124
Figura 4.42 Ejemplo iluminación consultorio	125
Figura 4.43 Luminaria hermética Ref. ILTELUX-IPCMH 1X4/2T83241/E1	126
Figura 4.44 Ejemplo iluminación en una sala de operaciones	126
Figura 4.45 Ejemplo iluminación en el hogar	127
Figura 4.46 Ejemplo iluminación en el hogar	128
Figura 4.47 Ejemplos de iluminación en comedores.	129
Figura 4.48 Ejemplo de iluminación en una cocina	129
Figura 4.49 Ejemplo de iluminación en una cocina	130
Figura 4.50 Ejemplo de iluminación un dormitorio	131
Figura 4.51 Ejemplo de iluminación una habitación	131
Figura 4.52 Ejemplo de iluminación en áreas comunes	132
Figura 4.53 Ejemplo de iluminación en circulaciones	133
Figura 4.54 Ejemplo de iluminación en circulaciones en centros comerciales	134
Figura 4.55 Ejemplo de iluminación en circulaciones de un hospital	135
Figura 4.56 Ejemplo de iluminación en un baño residencial	136
Figura 4.57 Luminaria de emergencia Ref. IT 90E.	137
Figura 4.58 Luminaria de emergencia Ref. SALIDA DE EMERGENCIA LED	137
Figura 4.59 Balastos de emergencia para luz fluorescente	138

LISTA DE ANEXOS

	Pag.
Anexo A. Identificación de referencias en luminarias de iluminaciones técnicas	142
Anexo B. Manual de usuario para software “cálculo de iluminación iltec.1.0.xls”	146

RESUMEN

Con el presente Manual de Iluminación Interior, desarrollado con el soporte del Departamento de Energética y Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Occidente, Iluminaciones Técnicas S.A. ofrece a sus clientes una herramienta práctica para aplicar correctamente sus productos, teniendo como referentes las normas vigentes en la República de Colombia (RETIE, NTC 2050 y GTC 08).

Es un compendio de diferentes estudios realizados sobre la luz, con el objetivo de entender este fenómeno físico desde el punto de vista de la luminotecnia. De manera sencilla y clara se exponen dichos conceptos a los interesados en los productos que Iluminaciones Técnicas S.A. buscando la mejor aplicación de los mismos, teniendo siempre como objetivo el ahorro de energía sin sacrificar eficiencia lumínica, rigiéndose bajo la normativa nacional.

Este manual de iluminación interior explica brevemente en cuatro capítulos conceptos sobre tipos de lámparas, luminarias con sus características y componentes principales, conceptos básicos de iluminación, magnitudes y unidades de la luz, conocimientos en temas como reproducción cromática, temperatura del color, confort, niveles de iluminancia y por ultimo un capítulo dedicado al diseño de la iluminación interior, donde se incluyen algunas aplicaciones prácticas con ejemplos y graficas de proyectos que Iluminaciones Técnicas S.A. ha realizado con mucha aceptación en el mercado. Además se incluye un software en un ambiente amigable para el desarrollo de pequeños proyectos luminotécnicos utilizando archivos fotométricos de Iluminaciones Técnicas S.A.

El capítulo 1 describe de manera sumaria los tipos de lámparas y luminarias.

En el capítulo 2 se presentan conceptos básicos de iluminación, como herramienta para orientar proyectos específicos.

El diseño de iluminación interior aparece detallado en el capítulo 3.

Las aplicaciones aparecen descritas en el capítulo 4, el cual proporciona pautas y recomendaciones generales.

INTRODUCCIÓN

El posicionamiento logrado por Iluminaciones Técnicas S.A. en el mercado de la fabricación de luminarias para uso interior, motivó el desarrollo de un manual técnico-comercial apropiado para ingenieros, arquitectos, consultores, vendedores, técnicos dedicados a la iluminación y clientes a los que les sea necesaria la técnica del alumbrado.

Este manual espera ser instrumento diario para quienes tienen que ver con los variados aspectos del diseño de alumbrado haciendo énfasis en el manejo de los productos de Iluminaciones Técnicas S.A. como una opción de iluminación, a la vez que presenta información condensada sobre fuentes de luz, luminarias y las variadas posibilidades de diseño y aplicación del alumbrado, siempre enfocado a la infraestructura de Iluminaciones Técnicas S.A. y el mercado nacional.

1. TIPOS DE LÁMPARAS Y LUMINARIAS

En la iluminación de interiores se utilizan diferentes tipos de lámparas que se ofrecen en el mercado (incandescentes, halógenas, fluorescentes, mercurio alta presión, sodio, metal halide). Las luminarias están condicionadas por la lámpara utilizada, existiendo entonces, mucha diversidad en su diseño, aplicación, instalación, rendimiento y confort.

1.1. LÁMPARA

Una lámpara es un convertidor de energía. Aunque pueda realizar funciones secundarias, su principal propósito es la transformación de energía eléctrica en radiación electromagnética visible. Hay muchas maneras de crear luz, pero el método normalmente utilizado en la iluminación general es la conversión de energía eléctrica en luz.

1.1.1. Historia. Aunque el progreso tecnológico ha permitido producir diferentes lámparas, los principales factores que han influido en su desarrollo han sido fuerzas externas al mercado. Por ejemplo, la producción de las lámparas de filamentos que se utilizaban a principios de siglo sólo fue posible cuando se dispuso de buenas bombas de vacío y del proceso de trefilado del tungsteno. Durante el período de recuperación que siguió a la segunda Guerra Mundial, lo importante era la productividad. La lámpara fluorescente tubular se convirtió en la fuente de luz dominante porque con ella era posible iluminar fábricas y oficinas sin sombras y comparativamente sin calor, aprovechando al máximo el espacio disponible. Factores como el mejor aprovechamiento de las materias primas escasas, el reciclaje o la seguridad en el vertido de los productos y la continua preocupación por el consumo de energía (sobre todo de la generada a partir de combustibles fósiles) influyen en el diseño de las lámparas actuales.

1.1.2. Lámparas incandescentes. Utilizan un filamento de tungsteno dentro de un globo de vidrio al vacío o lleno de un gas inerte que evite la evaporación del tungsteno y reduzca el ennegrecimiento del globo. Cuando las cargas eléctricas atraviesan el metal del filamento de una lámpara incandescente, provocan que la temperatura del alambre se eleve a 2500 °C (4500 °F). A esa temperatura tan alta los electrones que fluyen por el metal de tungsteno comienzan a emitir fotones de luz blanca visible, produciéndose el fenómeno físico de la incandescencia. La gran excitación que produce la fricción en los átomos del tungsteno, provoca que algunos electrones salgan despedidos de su órbita propia y pasen a ocupar una órbita más externa de energía dentro del propio átomo.

Pero la gran atracción que ejerce constantemente el núcleo del átomo sobre sus electrones para impedir que abandonen sus correspondientes órbitas, hace que

regresen de inmediato a ocuparlas de nuevo. Al reincorporarse los electrones al lugar de procedencia, emiten fotones de luz visible para liberar la energía extra que adquirieron al ocupar momentáneamente una órbita superior. Existen lámparas de muy diversas formas, que pueden resultar muy decorativas. Para clasificarlas, se las puede separar en dos grandes grupos: lámparas incandescentes tradicionales y lámparas incandescentes halógenas. Las lámparas incandescentes también se presentan en una amplia gama de colores y acabados, en ambos grupos se las podrá hallar para funcionamiento en baja tensión 6, 12, 24, 48, 110 y 220 V. Las incandescentes tradicionales se fabrican en los tipos estándar clara y opalina, con filamento reforzado, decorativas, reflectoras de vidrio soplado, reflectoras de vidrio prensado PAR 38 y 56. El tipo incandescente tiene una vida útil del orden de las 1000 horas mientras la del grupo halógeno oscila entre las 2000 y 4000 horas. También existe una nueva versión de pequeñas lámparas en baja tensión tipo “bi-pin” y de doble contacto (tipo “fusible”) con gas Xenón como halógeno que introducen la novedad de poseer una muy larga vida (10000 a 20000 hs).

Figura.1.1. Lámparas incandescentes.



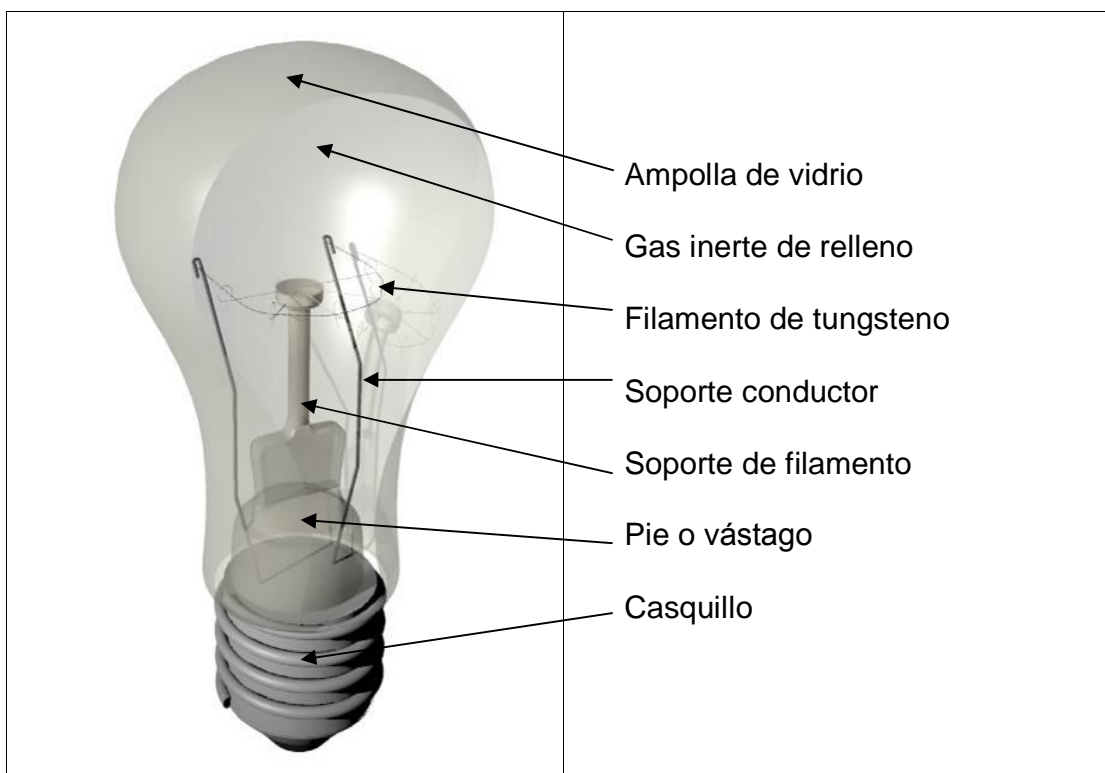
Figura.1.2. Lámparas incandescentes halógenas



Las lámparas incandescentes todavía se utilizan cuando la atenuación de la luz es una característica de control conveniente, ya que resulta fácil atenuarlas reduciendo la tensión de alimentación. Ellas son sumamente sensibles a la tensión de aplicación. Por ejemplo, si la lámpara trabaja con un 5% más de tensión el flujo luminoso aumentará al 115% sacrificando su vida útil casi en un 50%. Si en cambio la tensión disminuye un 5% el flujo luminoso descenderá al 85% de su valor nominal y la vida de la lámpara se prolongará aproximadamente un 50%.

Se trata de unas lámparas que siguen teniendo aceptación en la iluminación doméstica debido a su bajo costo y pequeño tamaño. Con todo, su baja eficiencia genera costos muy altos en la iluminación comercial e industrial, por lo que normalmente se prefieren las lámparas de descarga.

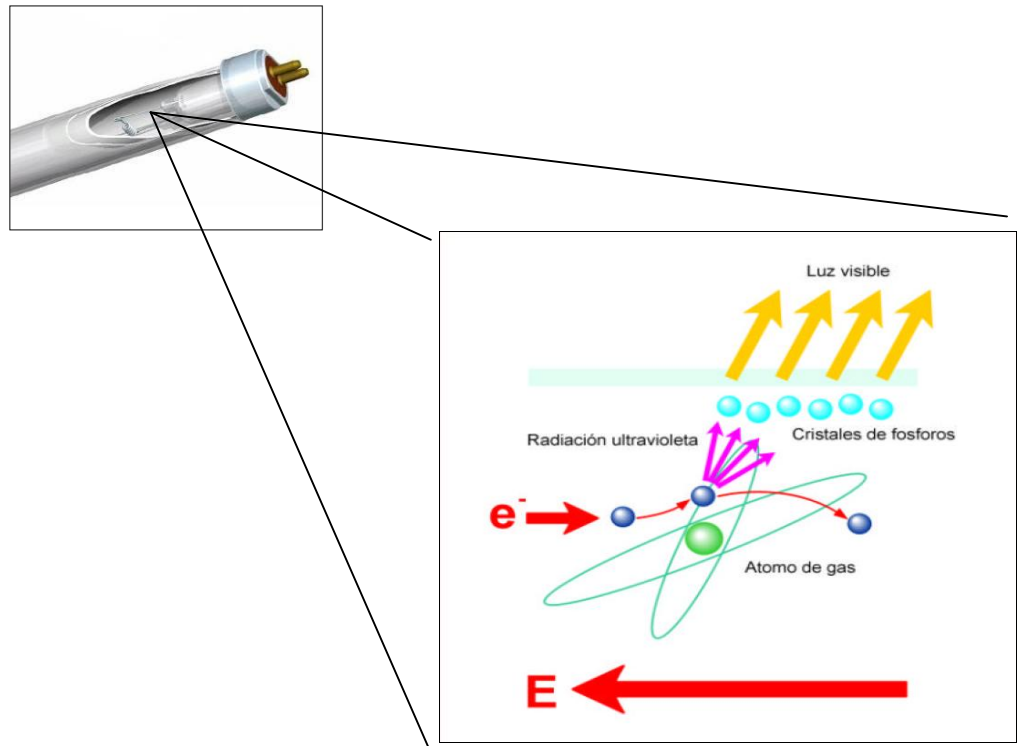
Figura.1.3. Partes de una lámpara incandescente.



1.1.3. Lámparas fluorescentes. Las lámparas fluorescentes están formadas por un tubo de diámetro normalizado, normalmente cilíndrico, cerrado en cada extremo con un casquillo de dos contactos donde se alojan los electrodos. El tubo de descarga está relleno con vapor de mercurio a baja presión (0.8 Pa) y una pequeña cantidad de un gas inerte que sirve para facilitar el encendido y controlar la descarga de electrones. En estas condiciones, la baja presión del mercurio genera una descarga de luz de color azul pálido.

La mayor parte de la radiación está en la región ultravioleta a 254 nm, una frecuencia de radiación característica del mercurio. En el interior de la pared del tubo hay un fino revestimiento fosfórico, que absorbe los rayos ultravioleta e irradia la energía en forma de luz visible. El color de la luz viene determinado por el revestimiento fosfórico. Existe toda una gama de materiales fosfóricos con diversas características de coloración y reproducción del color. De la composición de estas sustancias dependerán la cantidad y calidad de la luz y las cualidades cromáticas de la lámpara. En la actualidad se usan dos tipos de polvos; los que producen un espectro continuo y los trifósforos que emiten un espectro de tres bandas con los colores primarios. De la combinación estos tres colores se obtiene una luz blanca que ofrece un buen rendimiento de color sin penalizar la eficiencia como ocurre en el caso del espectro continuo.

Figura.1.4. Funcionamiento de una lámpara fluorescente



La lámpara fluorescente es sin duda la más versátil por excelencia. Une a su gran eficiencia (en la actualidad alcanza a los 108 Lm/W) una larga vida útil, superior a las 20.000 horas y una amplia gama de temperaturas de color con óptima reproducción cromática. Hoy es posible iluminar con lámparas fluorescentes objetos que antes no se concebían iluminados más que por incandescentes, sin que se aprecie el cambio.

La lámpara fluorescente se presenta en una amplísima gama de potencias y tamaños. Entre los tradicionales “tubos fluorescentes” lineales, se podrá optar por la línea T12 de 38 mm de diámetro (que tienden a desaparecer), las T8 de 26 mm de diámetro y las T5 de 16 mm de diámetro; con potencias que van desde 4 a 80W. En materia de compactas, se las puede hallar de las más diversas formas y potencias.

Desde simples, dobles, triples, dobles planas, dobles y triples con rosca E27 y equipo incorporado (ideales para el hogar) hasta circulares. Las potencias van desde 5W hasta 55W.

Figura.1.5. Lámparas fluorescentes lineales.



Figura.1.6. Lámparas fluorescentes compactas.



Figura.1.7. Partes de una lámpara fluorescente



1.1.4. Lámparas de mercurio de alta presión. Las lámparas descargas de alta presión son más compactas que las fluorescentes y tienen mayores cargas eléctricas; por consiguiente, requieren tubos de descarga de arco hechos de cuarzo para soportar la presión y la temperatura. El tubo de descarga de arco va dentro de una envoltura de vidrio con una atmósfera de nitrógeno o argónitrógeno para reducir la oxidación y el chisporroteo. La bombilla filtra eficazmente la radiación ultravioleta del tubo de descarga de arco. A alta presión, la descarga de mercurio es principalmente radiación azul y verde. Para mejorar el color, un revestimiento fosfórico aplicado a la bombilla añade luz roja. Existen versiones de lujo con mayor contenido de rojo, que proporcionan un mayor rendimiento lumínico y reproducen mejor el color.

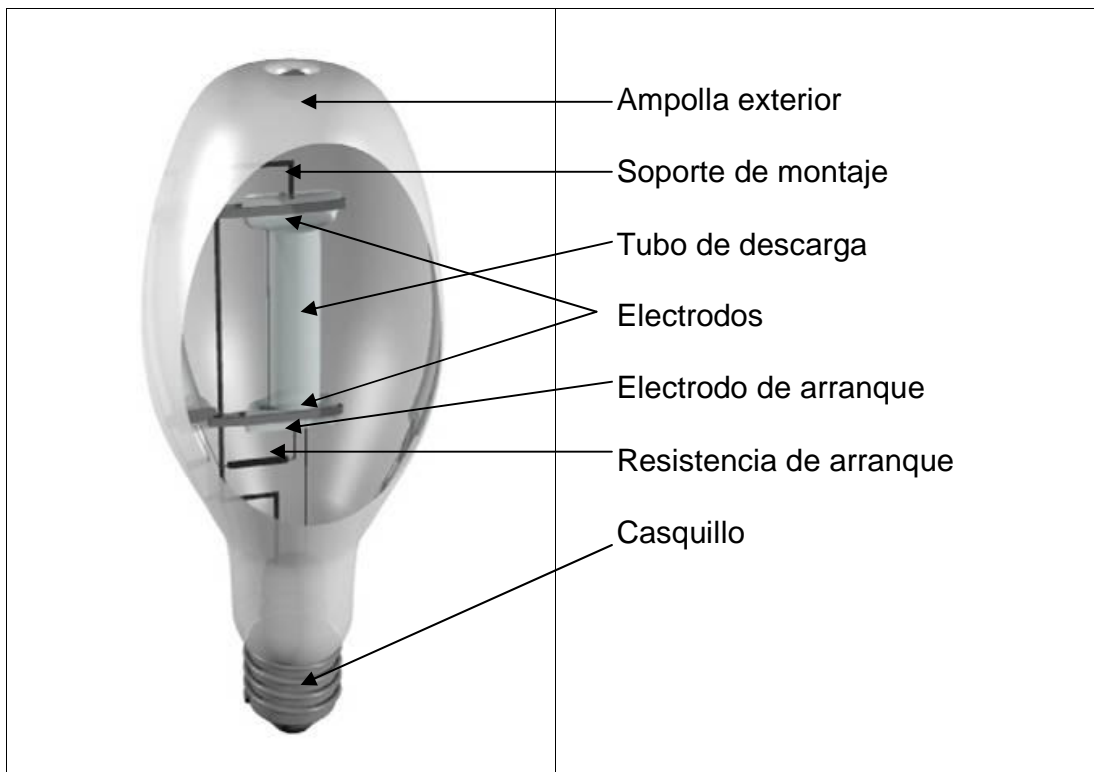
Figura.1.8. Lámparas de mercurio.



A todas las lámparas de descarga de alta presión les cuesta alcanzar su pleno rendimiento. La descarga inicial se realiza a través del gas conductor interior y el mercurio reacciona a medida que aumenta la temperatura de la lámpara. A presión estable, la lámpara no se vuelve a cebar inmediatamente sin un equipo de control especial. Se produce una demora mientras la lámpara se enfría suficientemente y se reduce la presión, de modo que basta la tensión de alimentación normal o el circuito de ignición para establecer el arco. Las lámparas de descarga tienen una característica de resistencia negativa, por lo que es necesario el equipo de control externo para regular la corriente.

Aunque las lámparas de mercurio tienen una larga vida útil, de alrededor de 20.000 horas, su rendimiento lumínico disminuye hasta aproximadamente el 55 % del inicial al final de este período y, por consiguiente, su vida económica puede ser menor.

Figura. 1.9. Partes de una lámpara de mercurio de alta presión.



1.1.5. Lámparas con halogenuros metálicos (Metal Halide). Si añadimos en el tubo de descarga yoduros metálicos (sodio, talio, indio...) se consigue mejorar considerablemente la capacidad de reproducir el color de la lámpara de vapor de mercurio. Cada una de estas sustancias aporta nuevas líneas al espectro (por ejemplo amarillo el sodio, verde el talio y rojo y azul el indio).

Los resultados de estas aportaciones son una temperatura de color de 3000 a 6000 K dependiendo de los yoduros añadidos y un rendimiento del color de entre 65 y 85. La eficiencia de estas lámparas ronda entre los 60 y 96 lm/W y su vida media es de unas 10000 horas. Tienen un periodo de encendido de unos diez minutos, que es el tiempo necesario hasta que se estabiliza la descarga. Para su funcionamiento es necesario un dispositivo especial de encendido, puesto que las tensiones de arranque son muy elevadas (1500-5000 V).

Figura.1.10. Lámparas de halogenuros metálicos.



Estas bombillas son ideales para iluminación de interiores y exteriores, cuando se utilizan con proyectores, de acuerdo con las exigencias específicas de color que se explican a continuación. Las bombillas metal halide presentan una eficacia entre 80 y 125 lúmenes por vatio.

Figura.1.11. Partes de una lámpara con halogenuros metálicos.



1.1.6. Lámparas de vapor de sodio a alta presión. Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen una distribución espectral que abarca casi todo el espectro visible proporcionando una luz blanca dorada mucho más agradable que la proporcionada por las lámparas de baja presión.

Las consecuencias de esto es que tienen un rendimiento en color ($T_{\text{color}} = 2100 \text{ K}$) y capacidad para reproducir los colores mucho mejores que la de las lámparas a baja presión ($\text{IRC} = 25$, aunque hay modelos de 65 y 80). No obstante, esto se consigue a base de sacrificar eficacia; aunque su valor que ronda los 130 lm/W sigue siendo un valor alto comparado con los de otros tipos de lámparas.

Figura.1.12. Lámparas de sodio.



La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20000 horas y su vida útil entre 8000 y 12000 horas. Entre las causas que limitan la duración de la lámpara, además de la depreciación del flujo está el fallo por fugas en el tubo de descarga y del incremento progresivo de la tensión de encendido necesaria hasta niveles que impiden su correcto funcionamiento. El tubo está rodeado por una ampolla en la que se ha hecho el vacío. La tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve.

Figura.1.13. Partes de una lámpara de sodio a alta presión.



1.1.7. Lámparas con diodos emisores de luz. Un diodo es un componente electrónico a través del cual la corriente pasa en un solo sentido. Los diodos emisores de luz (LED, acrónimo de Light Emitting Diode) son semiconductores que generan luz al pasar una corriente a través de ellos. Se emplean en numerosos dispositivos comunes, como en calculadoras, relojes digitales y se emplean en grupos para formar bombillas que llegan a dar un buen rendimiento para servir como iluminación.

Estas lámparas no han llegado todavía a ser tan eficientes como las anteriores, pero su tecnología ofrece ventajas de consumo energético y vida útil.

Figura.1.14. Diodo emisor de luz.



Figura.1.15. Lámparas de diodos leds.



1.2. LUMINARIAS

Las luminarias son aparatos que sirven de soporte y conexión a la red eléctrica a las lámparas, para lo cual es necesario que cumplan una serie de características ópticas, mecánicas y eléctricas.

A nivel de óptica, la luminaria es responsable del control y la distribución de la luz emitida por la lámpara. Es importante que en el diseño de su sistema óptico se cuide la forma y distribución de la luz, el rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y el deslumbramiento que pueda provocar en los usuarios. Otros requisitos que deben cumplir las luminarias es que sean de fácil instalación y mantenimiento. Para ello, los materiales empleados en su construcción han de ser los adecuados para resistir el ambiente en que deba trabajar la luminaria y mantener la temperatura de la lámpara dentro de los límites de funcionamiento. Todo esto sin perder de vista aspectos no menos importantes como la economía o la estética.

Figura.1.16. Ejemplos de luminarias.



1.2.1. Sistemas de montaje. Dentro de los diversos grupos de luminarias para interiores, se puede encontrar una variada gama de sistemas de montaje:

- **Luminarias para incrustar en cielos falsos.**

Figura.1.17. Luminaria bala ref. ITD32P 2T42641/E1.

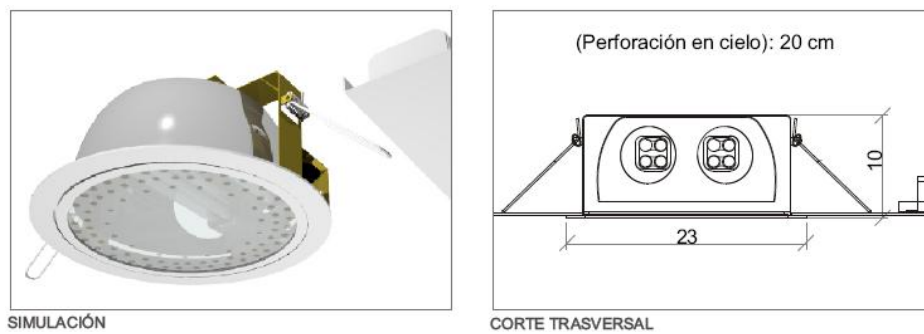
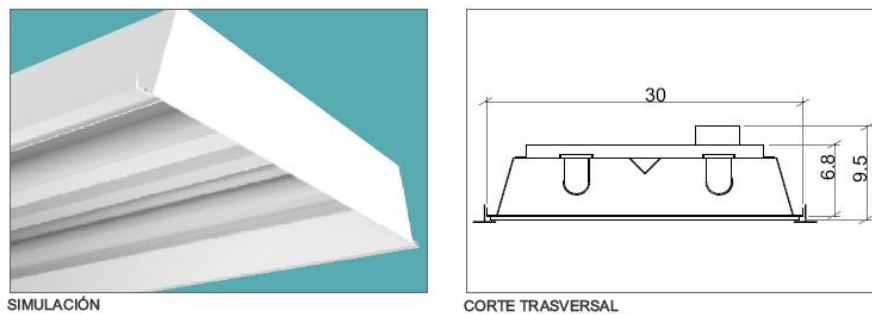


Figura.1.18. Luminaria ref. IT LFS-I 1X4/2T83241/E1.



- **Luminarias para sobreponer en superficies.**

Figura.1.19. Luminaria ref. IT CCCE-S 1X4/2T83241/E1.

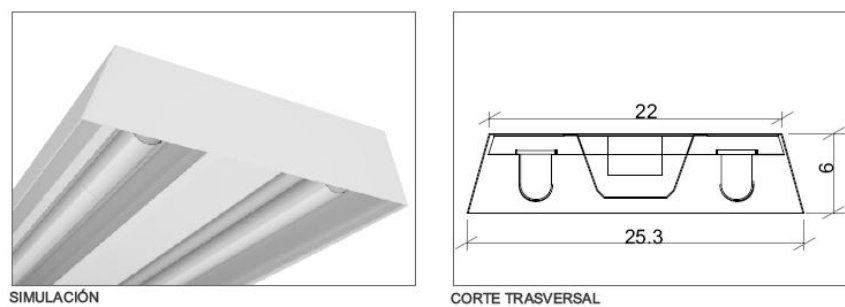
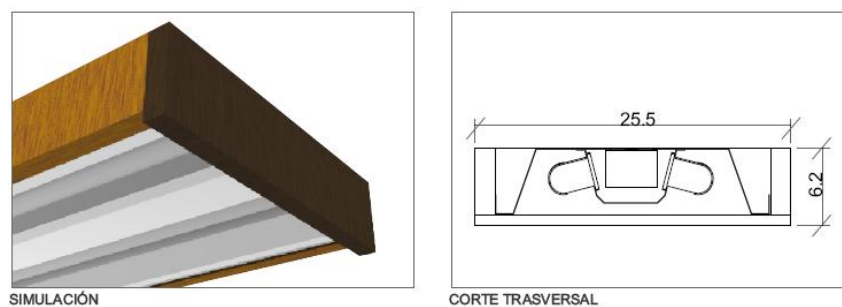


Figura.1.20. Luminaria ref. IT CCCEM-S 1X4/2T83241/E1.



•Luminarias para suspender o colgar.

Figura.1.21. Luminaria ref. IT 400-001-C 1X4/2T83241/E1

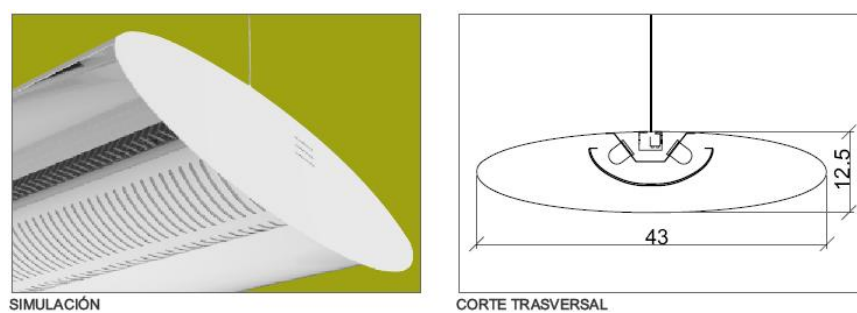


Figura.1.22. Luminaria ref. IT SPOT-C 1X4/5X50W/E1



- **Luminarias de pared o apliques.**

Figura.1.23. Luminaria aplique ref. IT WPERFO 1X100W

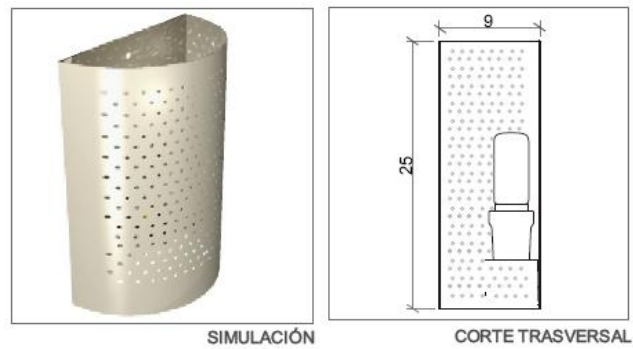
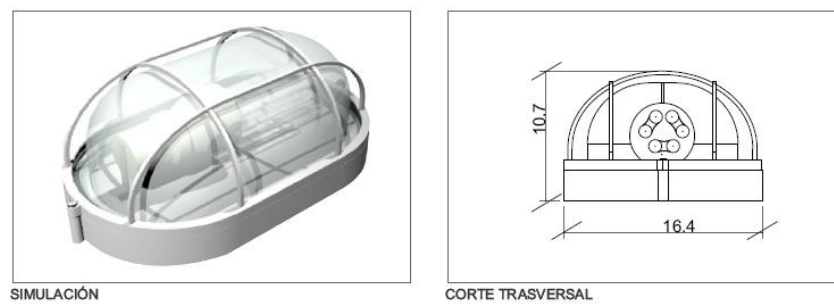


Figura.1.24. Luminaria aplique ref. ITD406 1T41841/E1



- **Luminarias para embutir en el piso.**

Figura.1.25. Luminaria ref. IT CORTESIA 1X60W

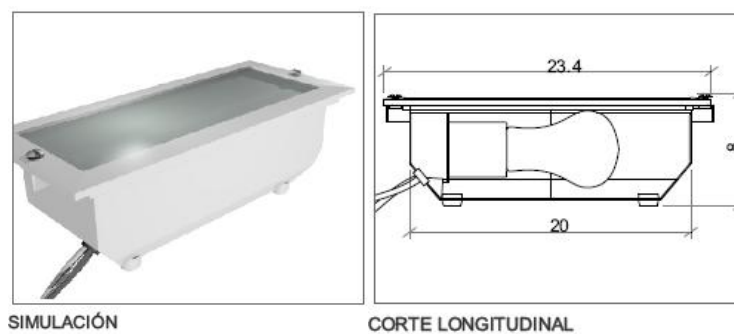


Figura.1.26. Luminaria ref. IT PISO 1X70MHQI/M2

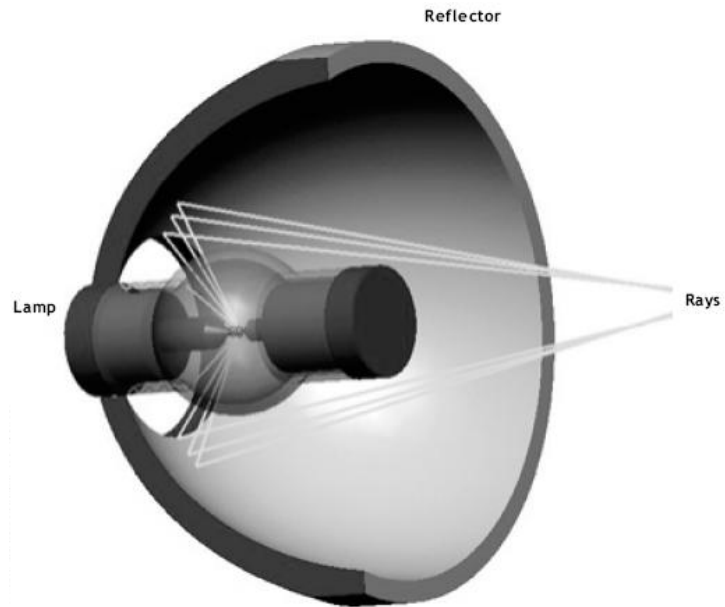


1.2.2. Elementos principales. Una luminaria es el conjunto de elementos que sirven para controlar el flujo luminoso de una lámpara, sobresaliendo elementos como:

- **Reflector**
- **Difusor**
- **Chasis**
- **Componentes eléctricos**
- **Accesorios de montaje**

1.2.2.1. Reflectores. La óptica de las luminarias es el elemento que define el tipo de emisión luminosa que tendrá esta. Las ópticas tienen un componente básico que es el espejo o reflector. Este será el encargado de “modelar” la distribución luminosa de cada luminaria. El material por excelencia para la construcción de los espejos es el aluminio en sus versiones básicas de especular ó semi-especular. El aluminio especular pulido a espejo, liso y anodizado, es el material indicado para todas aquellas ópticas en las que la precisión en el direccionamiento de los haces de luz sea fundamental.

Figura.1.27. Reflector y distribución de la luz.



La forma en que la luminaria distribuya la luz depende casi exclusivamente de la conformación del espejo o reflector. Los espejos pueden clasificarse por su forma en tres grandes grupos: circulares, parabólicos y elípticos. Existen otras formas y también combinaciones entre algunas de las anteriores (circular con parabólico, asimétricos, etc).

Ejemplos reales de reflectores en luminarias:

Figura.1.28. Luminaria ref. IT BAÑADORA-S 1X4/1T83241/E1

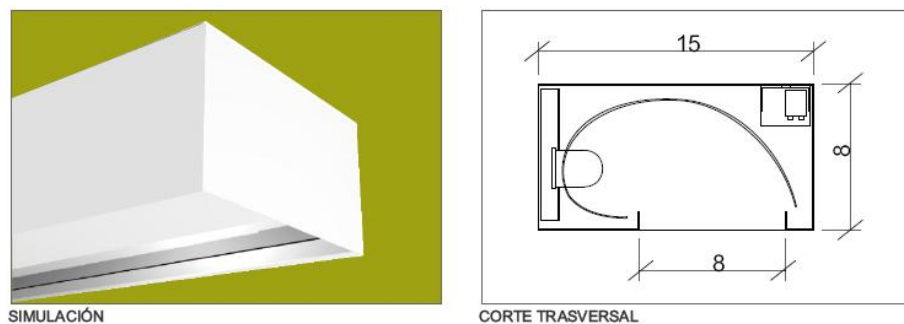


Figura.1.29. Luminaria ref. IT IF-SAE 1X4/1T83241/E1

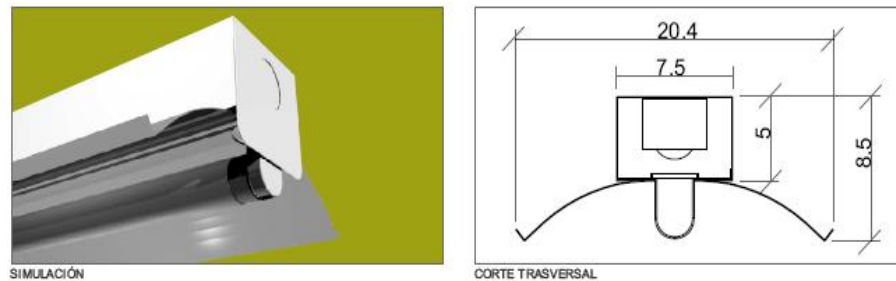


Figura.1.30. Luminaria ref. IT ILTELUX-ESPECIAL-SRPC 2X4/4T83250/E1

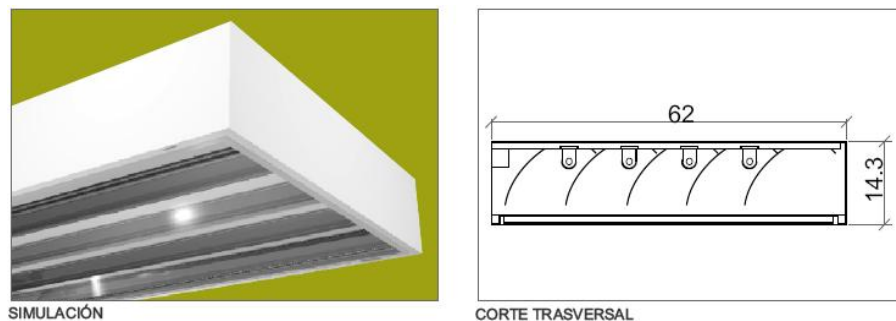
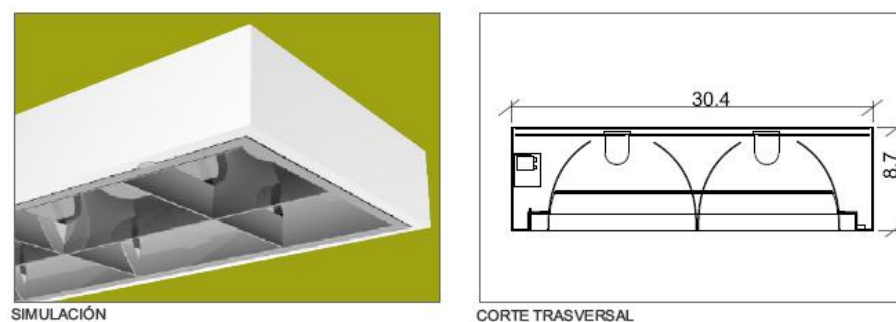


Figura.1.31. Luminaria ref. IT ILTELUX-SR 1X4/ENV,E12/2T83241/E1



1.2.2.2. Difusores. Los difusores son materiales que transmiten la luz en forma difusa, es decir esparcen la luz emitida por la(s) lámpara(s) en todas las direcciones y así reducen el brillo de la luminaria para todos los ángulos desde donde se mire. Los difusores generalmente están hechos de acrílico o vidrio opalino (vidrio para lámparas incandescentes y alta descarga) y acrílico prismático (lámparas fluorescentes). Ambos materiales poseen el grado máximo de difusión de luz para la cantidad mínima de absorción.

1.2.2.2.1. El acrílico opal. Se trata de uno de los difusores más populares. Consta de una lámina plana o moldeada de acrílico blanco. Se obtiene en variadas densidades, pero aún los menos opacos absorben entre el 50% y el 60% de la luz incidente. Producen una luz difusa blanda y envolvente. El control del deslumbramiento es solo relativo. No es suficiente para sitios de trabajo con pantallas de video.

Ejemplos de aplicación de acrílico lechoso (opal):

Figura.1.32. Luminaria ref. IT ILTELUXH-IP 2X4/4T83241/E1

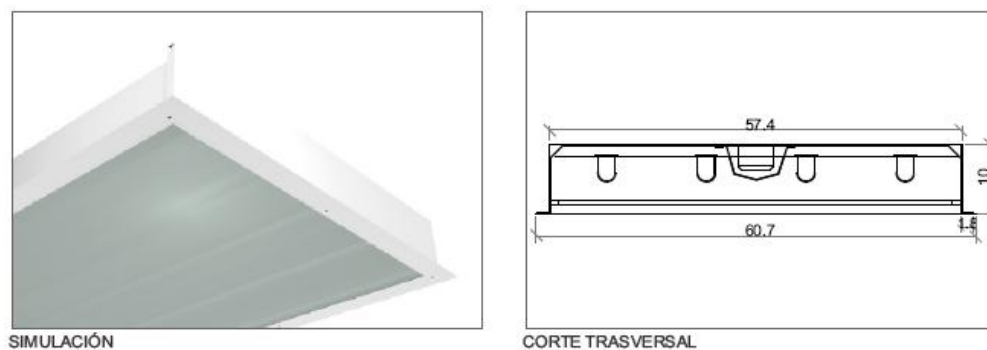


Figura.1.33. Luminaria ref. IT ILTELUX-IMP 1X1/2T44241/E1

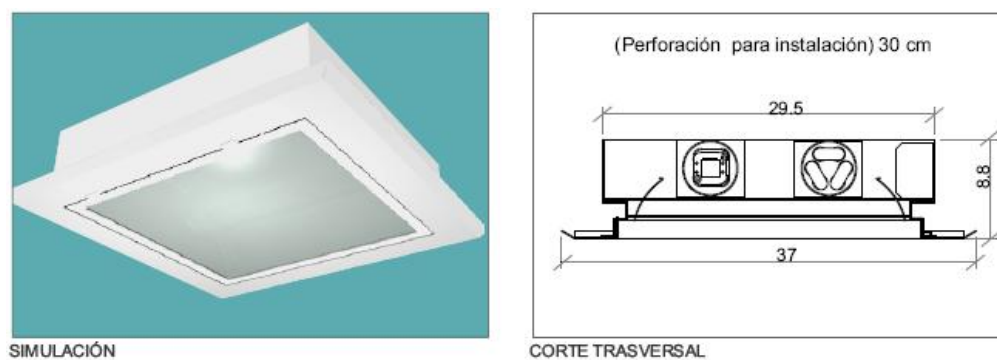
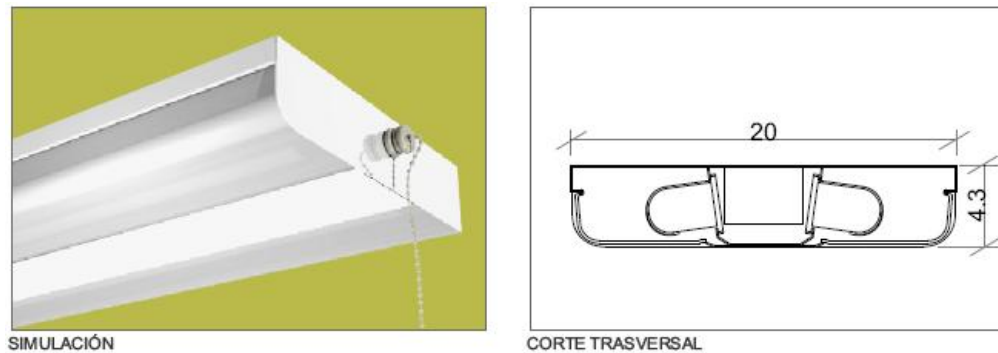
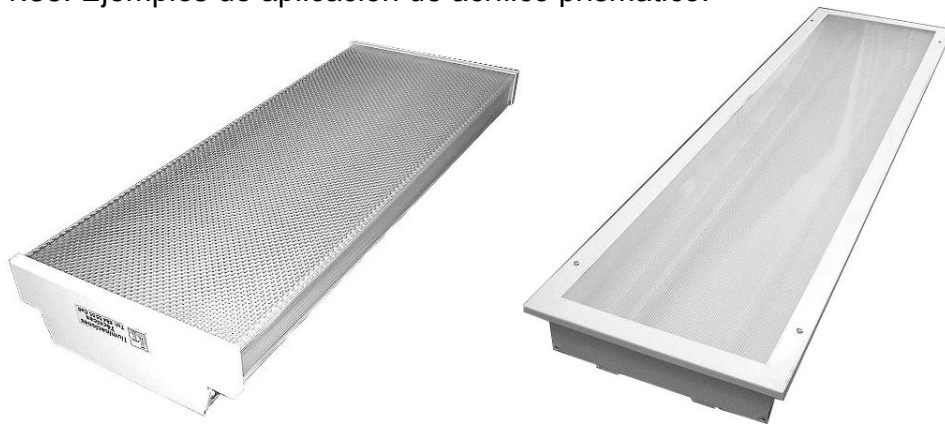


Figura.1.34. Luminaria ref. IT CAPG-SP 1X2/2T81541/E1



1.2.2.2.2. El acrílico prismático. Reconocidos por su capacidad de interceptar la luz y redirigirla de una manera más o menos efectiva. Son placas de acrílico translúcidas generalmente con una textura de pequeños prismas, conocidos como “punta de diamante”. Su control del deslumbramiento es algo mejor que el acrílico liso y absorbe menos luz que este último.

Figura.1.35. Ejemplos de aplicación de acrílico prismático.



1.2.2.2.3. Las rejillas difusoras. Se trata de aditamentos que forman parte de la luminaria ubicados normalmente en la parte inferior de la misma. Pueden ser de chapa de acero esmaltada color blanco, plástico, acrílico moldeado y anodizado o aluminio en sus versiones pulidas brillantes o semi-mate. Tienen por misión ocultar las lámparas de la visión normal y redirigir con más precisión los haces de luz. Existe una gama importante de tipos y modelos. Las rejillas parabólicas son construidas generalmente con aluminio pulido y anodizado de muy alto poder reflectante. Son largueros y láminas transversales que tienen un perfil curvo parabólico destinado a redirigir con gran precisión los haces de luz. Es el indicado para los sitios de trabajo con pantallas de computadores.

Figura. 1.36. Luminaria ref. IT ILTELUX-IR 2X2/ ENV,E16 /4T81741/E1

Ejemplos de aplicación en luminarias de rejillas parabólicas.

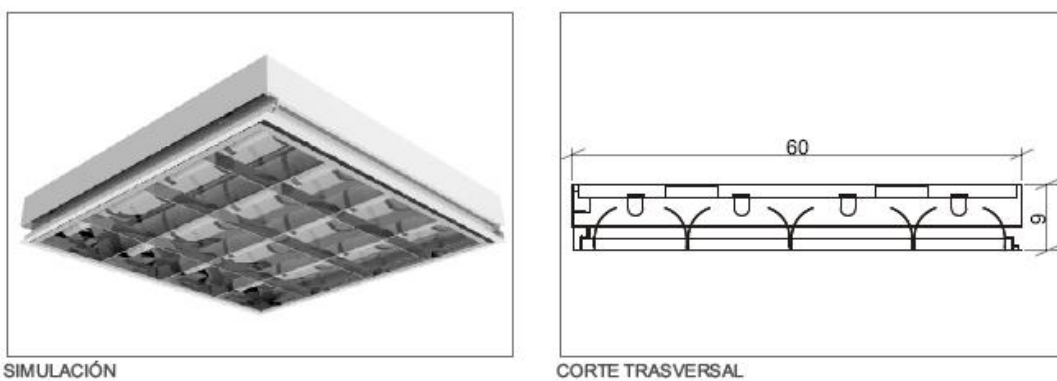


Figura.1.37. Luminaria ref. IT ILTELUX-IR 1X4/SEMIENV,E12/2T83241/E1

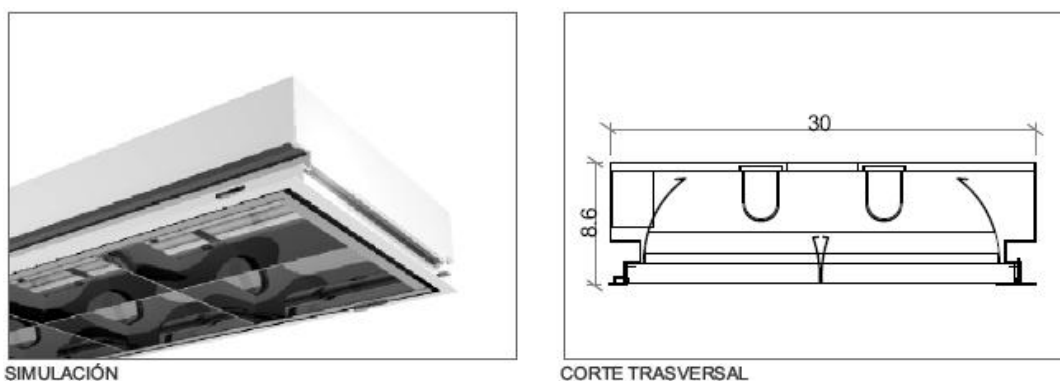


Figura.1.38. Luminaria ref. IT ILTELUX-IRMF1X2/SEMIENV,E12/2T524HO41/E1

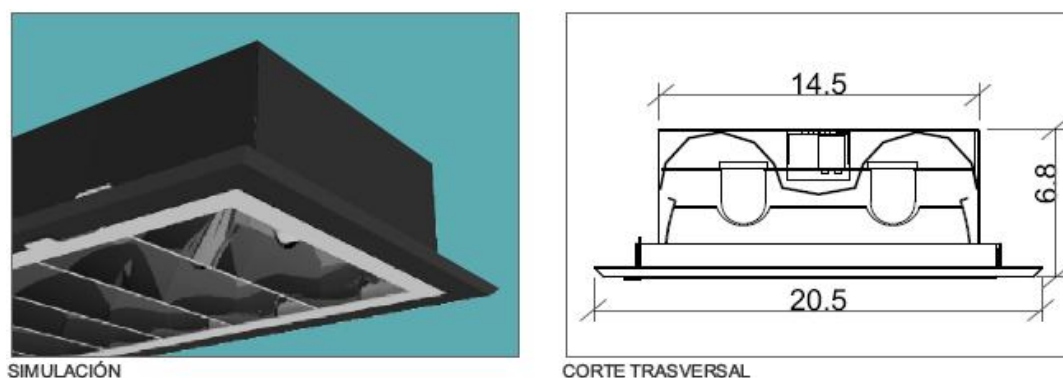
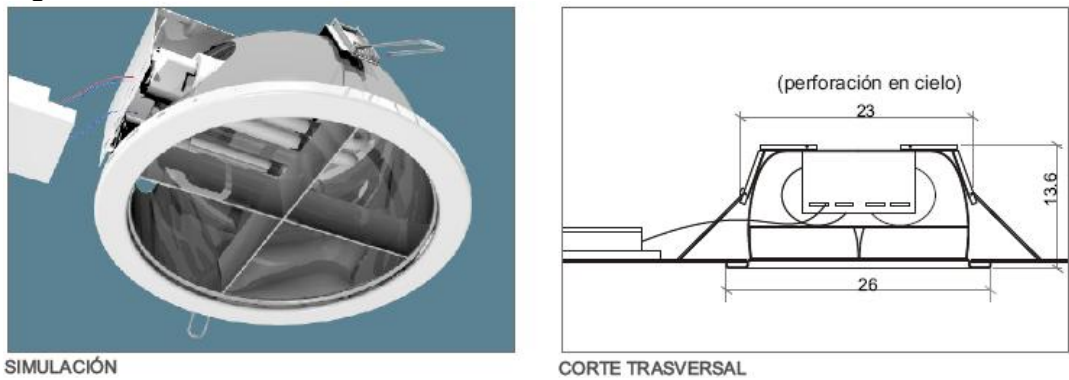


Figura.1.39. Luminaria bala ref. ITD33R 2T43241/E1



2. CONCEPTOS DE ILUMINACIÓN

Antes de enfrentar un proyecto de iluminación, es importante entender conceptos fundamentales que caracterizan la luz como un fenómeno físico.

2.1. LA LUZ

La luz es también, como la electricidad y el calor, una de las manifestaciones de la energía. Se puede obtener de varias maneras; calentando hasta la incandescencia cuerpos sólidos o gases (fundamento de las lámparas de incandescencia), en cuyo caso se obtiene además energía calorífica, generalmente en forma de pérdida, o bien se puede obtener también energía luminosa por medio de una descarga eléctrica entre dos placas de material conductor sumergido en un gas ionizado o en un vapor metálico (de mercurio, de sodio, etc.), éste es el fundamento de las lámparas de descarga.

En todos los casos, a los manantiales luminosos ha de proporcionárseles energía (calorífica, eléctrica, etc...) que se transforma en energía luminosa. Así, en una lámpara eléctrica se consume energía eléctrica y en una lámpara de gas se consume energía química.

2.1.2. Naturaleza de la luz. El siguiente ejemplo ayuda a comprender mejor la naturaleza de la luz:

Al lanzar una piedra al centro del estanque se forman ondas, que se propagan a lo largo y a lo ancho del mismo (figura 2.1.), ondas que se van amortiguando hasta desaparecer, tal como se indica en la figura 2.2.; el efecto del choque de la piedra sobre el agua del estanque, ha repercutido lejos y se ha notado a bastante distancia del lugar donde se ha producido el choque.

Figura.2.1. Ondas producidas en un líquido

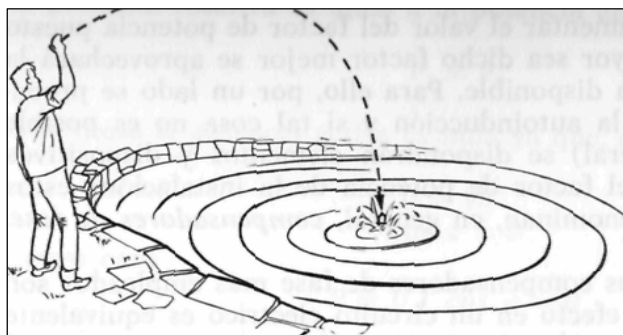
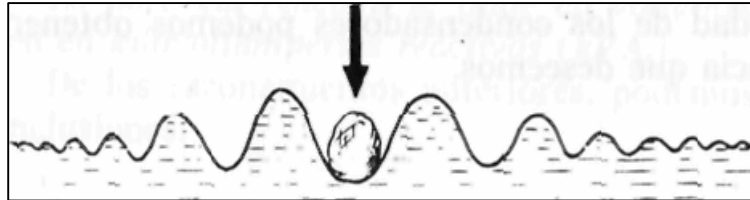


Figura.2.2. Amortiguación de las ondas producidas por un líquido.



De la misma forma, un manantial luminoso emite ondas luminosas. Pero hay dos diferencias con el ejemplo expuesto. En primer lugar, la luz no necesita ningún medio material para propagarse, como les sucedía a las ondas del estanque (que necesitaban del agua); la luz se propaga, incluso en el vacío. Por esta razón, llega la luz del Sol, que se propaga a través del espacio, atravesando el vacío que existe entre los planetas.

La otra diferencia es que, en el estanque, las ondas, se propagan sobre una superficie plana, o sea en dos dimensiones (ancho y largo); la luz se propaga en las tres dimensiones del espacio (ancho, largo, alto), de tal manera que un manantial luminoso cualquiera, por ejemplo una lámpara, puede considerarse como el centro del que irradian las ondas luminosas, en todas las direcciones del espacio.

El aspecto que tienen en común las ondas producidas en el estanque y las ondas luminosas es que, en ambos casos, el efecto se aprecia muy lejos en el espacio.

Resumiendo, la luz tiene tres propiedades fundamentales:

- Se propaga en el vacío, por medio de ondas
- Se propaga en todas las direcciones del espacio
- Se transmite a distancia.

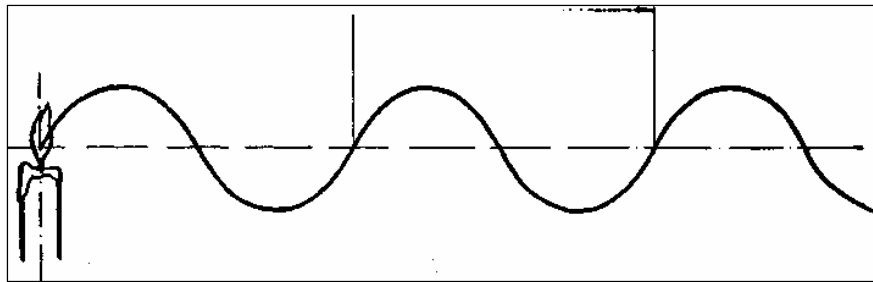
Según la Física, éstas son las propiedades que caracterizan a una radiación.

2.1.3. Radiación. Con el término general de radiación se designa a la transmisión de energía a través del espacio. Esta transmisión a distancia se realiza por medio de ondas, es decir, perturbaciones periódicas en el espacio.

En todos estos casos, y en el de radiación luminosa, hay ondas que transmiten energía a distancia. Sin embargo, los efectos son muy diferentes: la estufa nos produce sensación de calor y la lámpara sensación luminosa. Toda radiación, por complicada que sea su estructura, puede considerarse como la suma de un conjunto de radiaciones simples, cuyas expresiones matemáticas son senoides.

Figura.2.3. Elementos que constituyen una radiación.

Longitud de onda



En la figura 2.3. los elementos que constituyen una radiación simple expresada por una senoide; estos elementos son:

- **Longitud de onda.** Distancia entre dos puntos que se encuentren en el mismo lugar relativo (como está marcado en la figura 2.3.). La longitud de onda se representa por la letra griega λ . (Lambda).
- **Período.** Tiempo que tarda la onda en ocupar dos posiciones idénticas; en la figura 2.1. sería el tiempo que se precisara para cubrir toda la longitud de onda. Se representa con la letra T.
- **Frecuencia.** Número de períodos por segundo; se representa por la letra f. La frecuencia y el período son magnitudes inversas, o sea que

$$T = 1 / f$$

y además, que

$$f = 1 / T$$

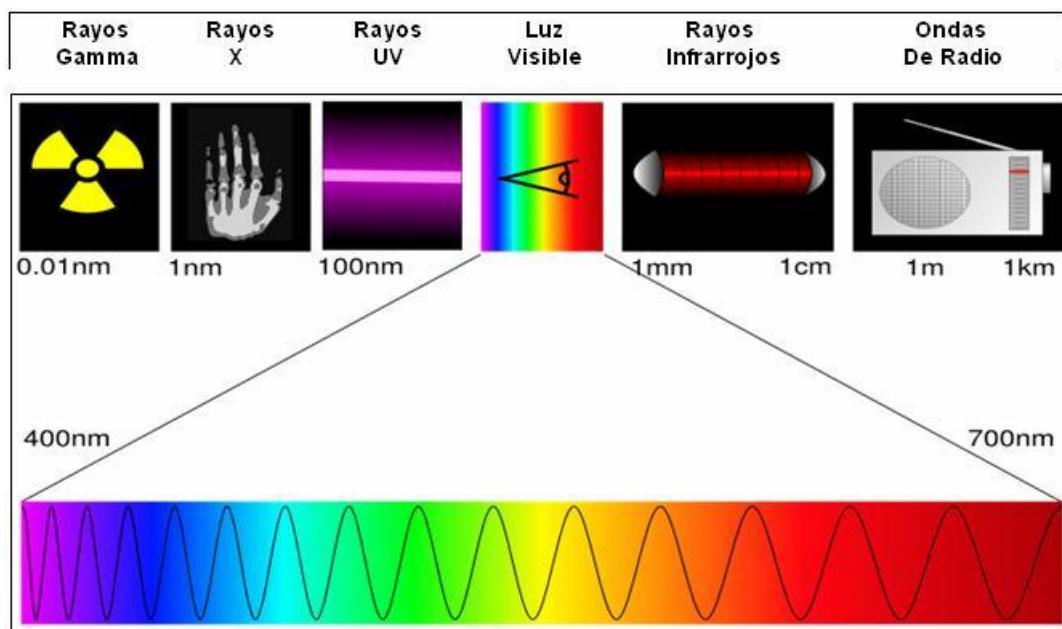
- **Velocidad de propagación.** Rapidez con que se propaga la onda a través del espacio. Se representa por v.

2.1.4. El color. La luz es la porción del espectro electromagnético que estimula la retina del ojo humano permitiendo la percepción de los colores. Esta región de las ondas electromagnéticas se llama Espectro Visible y ocupa una banda muy estrecha de este espectro.

Cuando la luz es separada en sus diversas longitudes de onda componentes es llamada Espectro. Si se hace pasar la luz por un prisma de vidrio transparente, produce un espectro formado por los colores rojo, naranja, amarillo, verde, azul, índigo y violeta. Este fenómeno es causado por las diferencias de sus longitudes de onda. El rojo es la longitud del onda más larga y el violeta la más corta. El ojo humano percibe estas diferentes longitudes de onda como Colores.

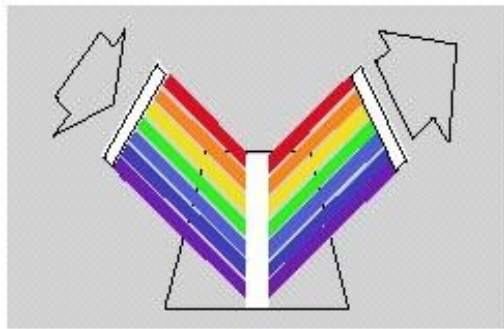
2.1.4.1. El espectro visible. El espectro visible para el ojo humano es aquel que va desde los 380nm de longitud de onda para el color violeta hasta los 780 nm para el color rojo. Fuera de estos límites, el ojo no percibe ninguna clase de radiación.

Figura.2.4. Representación gráfica de la longitud de onda y el espectro visible.

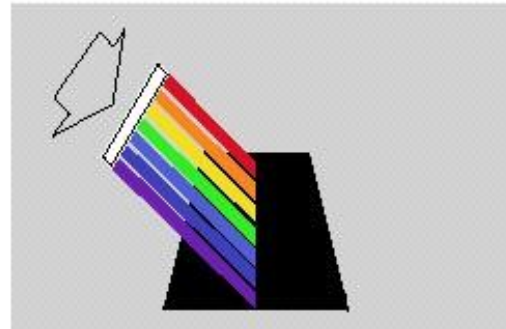


2.1.4.2. Rendimiento del color. Se dice que un objeto es rojo porque refleja las radiaciones luminosas rojas y absorbe todos los demás colores del espectro. Esto es válido si la fuente luminosa produce la suficiente cantidad de radiaciones en la zona roja del espectro visible. Por lo tanto, para que una fuente de luz sea considerada como de buen “rendimiento de color”, debe emitir todos los colores del espectro visible. Si falta uno de ellos, este no podrá ser reflejado.

Figura.2.5. Reflexión y absorción de la luz.



Reflexión total de la luz blanca



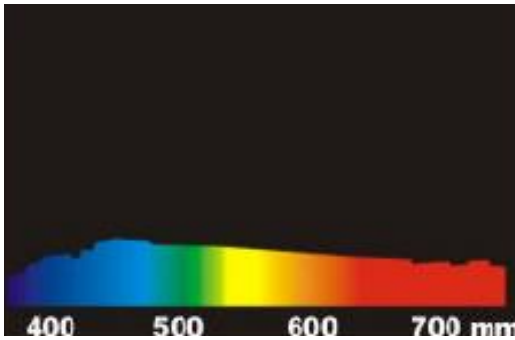
Absorción total de la luz blanca

El rendimiento en color de las lámparas es una medida de la calidad de reproducción de los colores. Se mide con el Índice de Rendimiento del Color (IRC o Ra) que compara la reproducción de una muestra normalizada de colores iluminada con una lámpara con la misma muestra iluminada con una fuente de luz de referencia. Mientras más alto sea este valor mejor será la reproducción del color, aunque a costa de sacrificar la eficiencia y consumo energéticos.

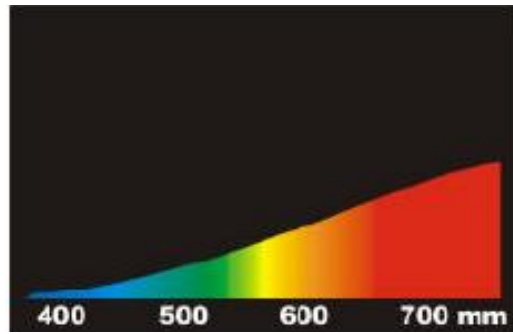
Los espectros de las lámparas incandescentes ó de la luz del día se denominan “continuos” por cuanto contienen todas las radiaciones del espectro visible y se los considera óptimos en cuanto a la reproducción cromática; se dice que tienen un IRC= 100. En realidad ninguno de los dos es perfecto ni tampoco son iguales. (al espectro de la lámpara incandescente le falta componente “azul” mientras que a la luz del día “roja”).

Si por el contrario el espectro muestra interrupciones, como por ejemplo el de las lámparas de descarga, se dice que es un espectro “discontinuo”, ya que presenta diversas “líneas espectrales” propias del material emisor.

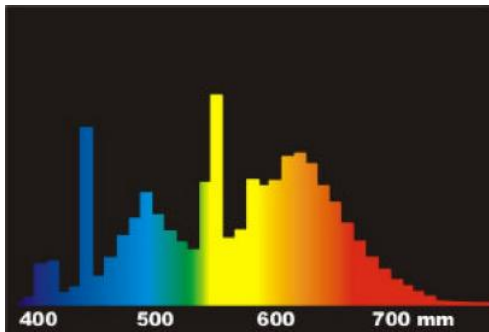
Figura.2.6. Espectro de luz para cada tipo de lámpara.



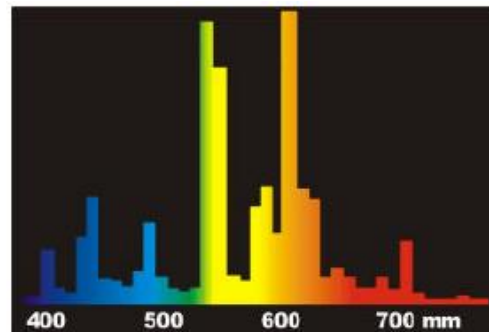
Espectro en día despejado



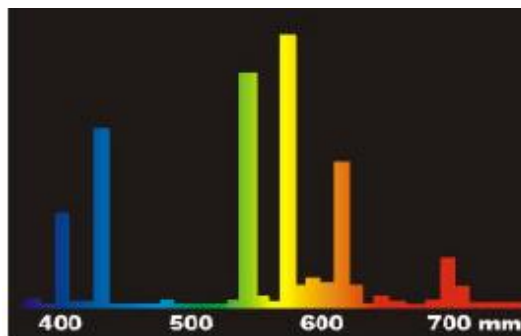
Espectro de luz incandescente



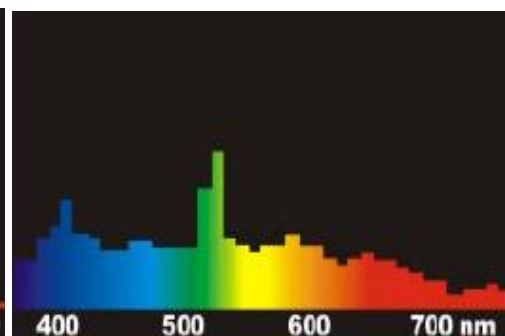
Espectro de luz fluorescente tipo compacta.



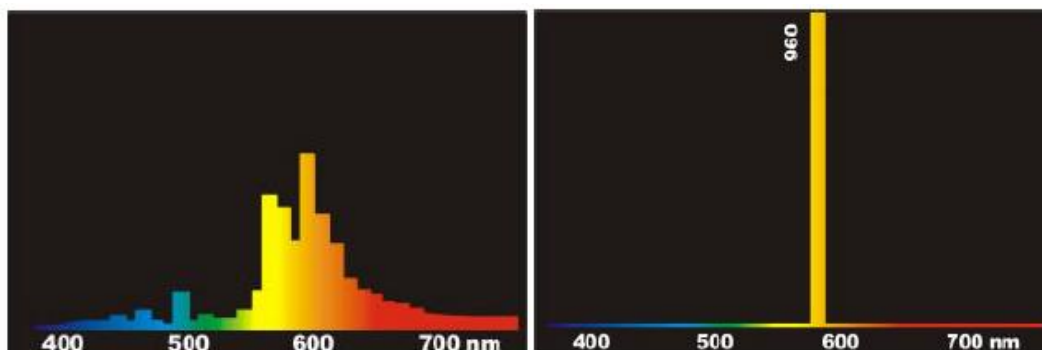
Espectro de luz fluorescente color calido.



Espectro de luz de mercurio en plasma



Espectro de luz de halogenuros metálicos.



Espectro de luz en plasma de vapor de sodio a alta presión

Espectro de luz de plasma de vapor de sodio baja presión.

2.1.4.3. Temperatura del color. La apariencia en color de las lámparas viene determinada por su temperatura de color correlacionada, que se mide en “Grados Kelvin” (K).

La mayoría de la luz procede de electrones que vibran a determinadas frecuencias al ser calentados a una temperatura elevada. Cuanto mayor es la temperatura, mayor es la frecuencia de vibración y más azul es la luz producida. Así cuando un metal es calentado, pasa por una gama de colores que van desde el rojo al azul, pasando por el rojo claro, naranja, amarillo, blanco y blanco azulado. A los efectos de la temperatura de color, se habla de un “radiante teórico perfecto” denominado “cuerpo negro”.

Se definen tres grados de apariencia según la tonalidad de la luz: luz fría para las que tienen un tono blanco azulado, luz neutra para las que dan luz blanca y luz cálida para las que tienen un tono blanco rojizo. Entre menor sea la temperatura del color más cálida es la apariencia y entre más alta será más fría.

Tabla 2.1. Interpretación en color de la temperatura relacionada.

Temperatura de color correlacionada	Apariencia de color
$T_c > 5.000 \text{ K}$	Fría
$3.300 \leq T_c \leq 5.000 \text{ K}$	Intermedia
$T_c < 3.300 \text{ K}$	Cálida

Figura. 2.7. Temperaturas de color de algunas fuentes en grados Kelvin (Valores aproximados)

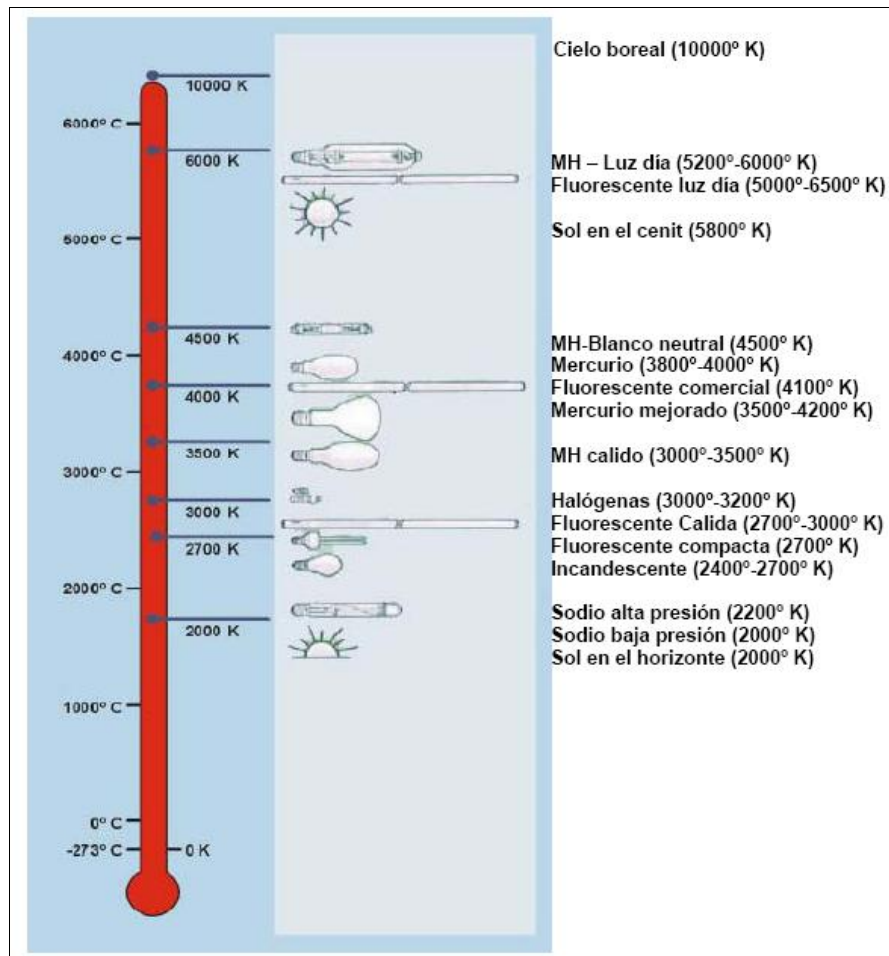
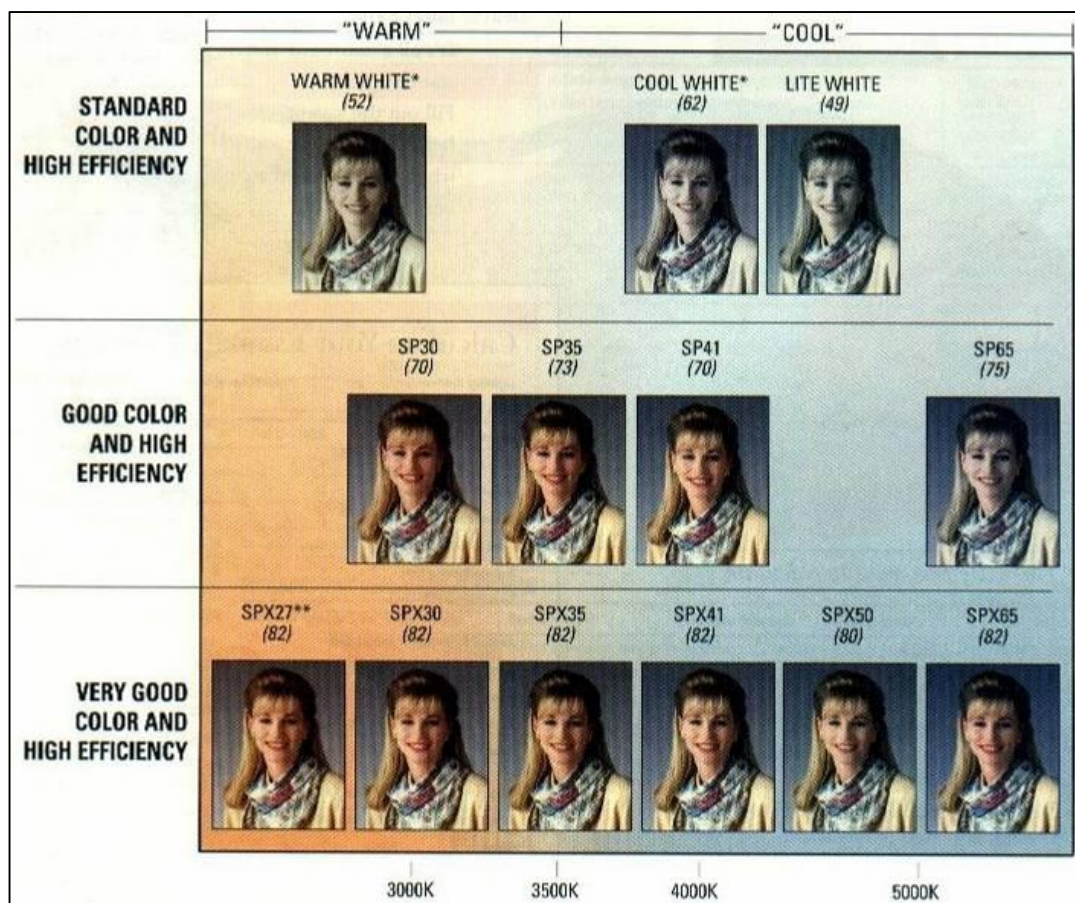


Figura.2.8. Esta imagen permite observar las cualidades de color de una lámpara fluorescente que varía su temperatura de color y su capacidad de reproducción del color. Afectando claramente la apariencia del color de la imagen iluminada.

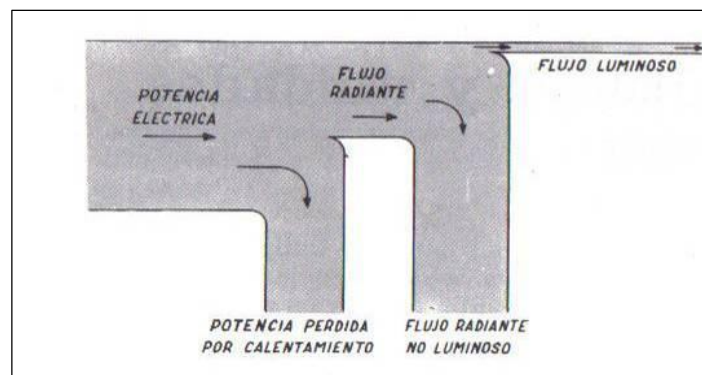


2.1.5. Magnitudes de iluminación. En el campo de la iluminación se utilizan habitualmente varias magnitudes. Las básicas son las siguientes:

2.1.5.1 Flujo luminoso. En todos los manantiales luminosos o lámparas, se obtiene energía luminosa por transformación de otra clase de energía; por ejemplo, la luz de una bujía es consecuencia de la energía química obtenida al arder el material que compone la bujía; y la luz de una lámpara eléctrica de incandescencia es consecuencia de la energía eléctrica de la lámpara.

Pero en uno u otro caso, no toda la energía primitiva se transforma en energía luminosa; ciñéndose al caso de la lámpara de incandescencia para fijar mejor las ideas, parte de la energía eléctrica se transforma directamente en energía calorífica (la lámpara se calienta), otra parte se convierte en energía radiante y una pequeña parte de esta energía radiante está comprendida, precisamente, entre las longitudes de onda de 350 nm, y 760 nm, que son, los límites que provocan la sensación de luz en el ojo humano, es decir, que se trata de energía luminosa. El caso de estudio está esquematizado en el diagrama de la figura 2.9.

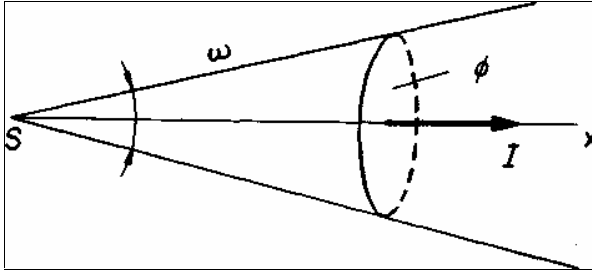
Figura. 2.9. Diagrama energético de una lámpara de incandescencia.



Se llama potencia radiante o flujo radiante a la energía emitida por un manantial luminoso en la unidad de tiempo; y flujo luminoso a la parte del flujo radiante que produce sensación luminosa en el ojo humano. Por lo tanto, el flujo luminoso, es la medida de la potencia luminosa, es decir, que se podrá definir como la energía luminosa radiada al espacio por unidad de tiempo. Esta característica permite relacionar el flujo luminoso con la potencia eléctrica consumida para producirla y es un dato muy importante para evaluar el rendimiento de los manantiales luminosos.

El flujo luminoso de un manantial de luz no se distribuye por igual en todas las direcciones del espacio, sino que depende del dispositivo empleado para la iluminación. Por ejemplo, en un proyector, todo el flujo luminoso se halla reunido en una estrecha porción del espacio y en forma de un rayo muy intenso.

Figura. 2.10. Concepto de intensidad luminosa.



2.1.5.2. Intensidad luminosa. Considerando un manantial luminoso puntiforme S (figura 2.10.) y una dirección S-X, comprendida en un cono cuyo vértice es S y cuyo ángulo sólido es $d\omega$ y se llama $d\phi$ al valor del flujo luminoso radiado por el manantial S en este cono, se llama *intensidad luminosa* del manantial S según la dirección S-X, al valor del cociente diferencial.

$$I = \frac{d\phi}{d\omega}$$

Se dice de un manantial luminoso que es uniforme cuando su intensidad es constante en cualquiera de las direcciones del espacio; en este caso.

$$I = \frac{\phi\omega}{\omega}$$

Se denomina *intensidad esférica media* a la intensidad luminosa producida por un manantial luminoso si radia flujo luminoso de manera uniforme en todas las direcciones del espacio; es decir, que es la que corresponde al ángulo sólido completo: como una esfera tiene 4π estereorradianes, la intensidad esférica media I_0 , vale

$$I_0 = \frac{\phi_0}{4\pi}$$

De la misma forma, pueden definirse la *intensidad hemisférica media superior* I_\cap y la *intensidad hemisférica media inferior* I_\cup suponiendo que el manantial luminoso radia de manera uniforme en las direcciones del espacio que corresponden a la semiesfera superior o a la semiesfera inferior, respectivamente. Recordando que una semiesfera tiene 2π radianes, estas intensidades valen:

$$I_{\cap} = \frac{\phi_{\cap}}{2\pi}$$

$$I_{\cup} = \frac{\phi_{\cup}}{2\pi}$$

Pero el flujo luminoso total de un manantial luminoso es igual a la suma del flujo hemisférico inferior, o sea

$$\phi_O = \phi_{\cap} + \phi_{\cup}$$

Y sustituyendo en la ecuación anterior:

$$IO = \frac{\phi_{\cap} + \phi_{\cup}}{4\pi}$$

$$IO = \frac{1}{2} \left(\frac{\phi_{\cap}}{2\pi} + \frac{\phi_{\cup}}{2\pi} \right)$$

$$IO = \frac{1}{2} (I_{\cap} + I_{\cup})$$

O sea que la intensidad esférica media de un manantial luminoso es la media aritmética de las intensidades hemisféricas medias superior e inferior.

Figura 2.11. Flujo luminoso emitido en una dirección determinada por una luz que no tiene una distribución uniforme. Unidad: candela (cd). (Intensidad de un foco de luz).



2.1.5.3. Iluminancia. La iluminancia E de una superficie S es la relación entre el flujo luminoso que recibe esta superficie y su extensión; en el caso más general:

$$E = \frac{d\phi}{dS}$$

y si el flujo luminoso es constante sobre toda la superficie S lo que corresponde a un manantial luminoso uniforme, se tiene:

$$E = \frac{\phi}{S}$$

De lo que se deduce inmediatamente que un cuerpo estará tanto mejor iluminado por un flujo luminoso dado, cuanto menor sea su superficie. La iluminancia media E_m de una superficie S , es relación entre el flujo total Φ recibido y la extensión de dicha superficie, o sea

$$E_m = \frac{\phi}{S}$$

Que, como vemos, coincide con la iluminancia de la misma superficie, suponiendo un manantial luminoso uniforme, cuyo flujo es Φ .

2.1.5.4. Emitancia. A la *emitancia*, se le llama también *radiancia*. Es la relación entre el flujo luminoso radiado o emitido por una superficie luminosa o difusora y la extensión de esta superficie. En el caso más general

$$R = \frac{d\phi}{dS}$$

y si se trata de un manantial luminoso uniforme

$$R = \frac{\phi}{S}$$

Nótese que la emitancia y la iluminancia tienen la misma expresión: un flujo luminoso dividido por una superficie. Pero en el caso de la emitancia se trata de una *superficie luminosa*, es decir, que emite luz, mientras que en el caso de la iluminancia, se trata de una *superficie iluminada*, o sea, que recibe luz.

2.1.5.5. Luminancia. Se la llama también brillo y densidad luminosa aunque el nombre que tiende a prevalecer es el de luminancia. Siempre es la relación entre la intensidad luminosa en una dirección determinada y una superficie; o sea que su expresión más general es

$$L = \frac{dI}{dS}$$

Pero esta expresión se presta a una doble interpretación que vamos a examinar con algún detenimiento.

Si se trata de una *superficie luminosa*, es decir, de una superficie que radia luz, la luminancia de esta superficie en una dirección determinada (figura 2.12.) es la relación entre la intensidad luminosa en dicha dirección y la sección aparente de esta superficie para un observador situado en la citada dirección.

Figura.2.12. Brillo directo de una superficie luminosa.

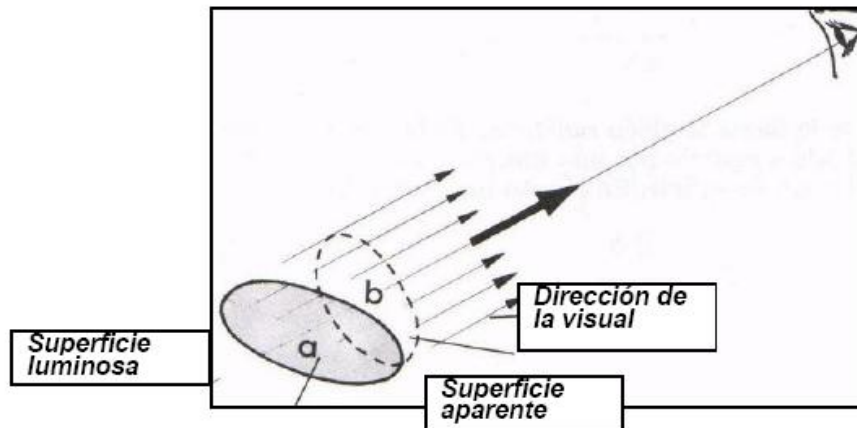
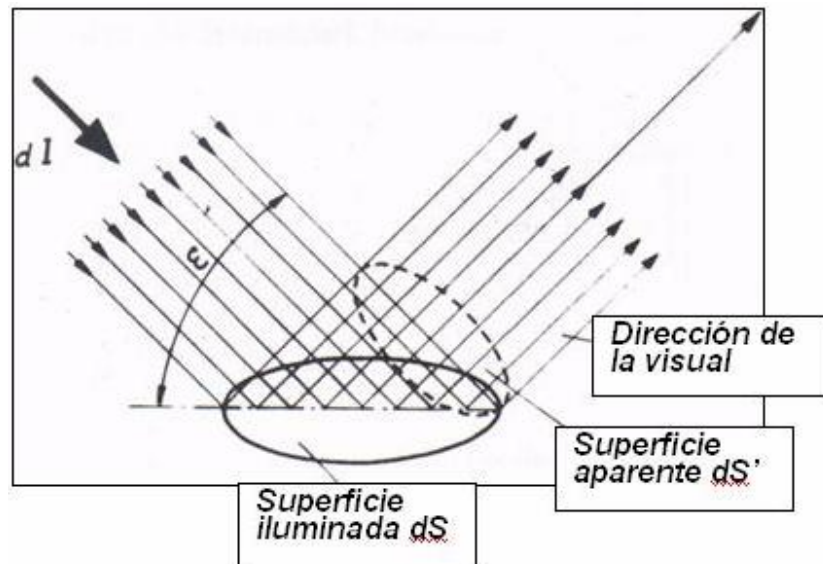


Figura.2.13. Brillo indirecto de una superficie iluminada.



La sección aparente S' es la proyección de la superficie S sobre un plano perpendicular a la dirección determinada y vale:

$$S' = S \cos \varepsilon$$

Por lo tanto, la luminancia valdrá, en este caso

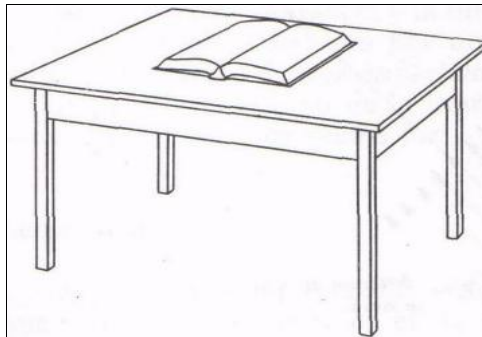
$$L = \frac{dI}{dS'} = \frac{dI}{dS \cos \varepsilon}$$

Si se trata de una superficie iluminada, es decir, que recibe luz, se obtiene la misma relación:

$$L = \frac{dI}{dS'} = \frac{dI}{dS \cos \varepsilon}$$

Muchas veces se habla de *brillo directo* o *brillo emitido*, al que corresponde a los manantiales luminosos y brillo indirecto o brillo reflejado al correspondiente a los objetos iluminados.

Figura.2.14. De dos objetos igualmente iluminados, aparece más claro el que tiene mayor luminancia.



La luminancia es el concepto luminotécnico que corresponde a la sensación subjetiva de claridad de un manantial de luz o de un objeto iluminado. Tanto el flujo luminoso, como la intensidad luminosa y la iluminancia no producen en el ojo humano sensación inmediata de claridad; la luz no se hace visible hasta cuando tropieza con un cuerpo, que la refleja o la absorbe. Y la mayor o menor claridad con que se ven distintos cuerpos depende de su luminancia, aunque todos estén igualmente iluminados; por ejemplo, la mesa y el libro de la figura 2.14. están igualmente iluminados; pero se ve con mucha mayor claridad el libro porque tiene mayor luminancia que la mesa.

2.1.6. Las unidades luminotécnicas. Hasta aquí se han presentado las magnitudes que intervienen en Luminotecnia; pero, con objeto de poder aplicar en la práctica estas magnitudes, han de medirse, eligiendo para ello ciertas magnitudes fijas que se utilizan como unidades. De estas unidades, hay una, denominada unidad patrón que se toma como base en el sistema de unidades luminotécnico y otras, las unidades derivadas que, como indica su nombre, se derivan de la anterior.

En los sistemas de unidades empleados en Luminotecnia, se toma siempre como unidad patrón, la unidad de intensidad luminosa y se derivan de ella, como unidades derivadas, las unidades de flujo luminoso, iluminación, luminancia y radiancia.

2.1.6.1. Unidades de intensidad luminosa. Para definir la unidad de intensidad luminosa, se recurre a *patrones primarios*, o sea, manantiales luminosos, de características bien determinadas, cuya intensidad luminosa se toma como unidad. De acuerdo con el patrón primario tomado como unidad, han resultado varias unidades de intensidad luminosa.

En Alemania se adoptaba como unidad de intensidad luminosa la *bujía Hefner*, cuyo patrón primario era una lámpara que quemaba acetato de amilo. En Francia, se utilizaba la *bujía Cárcel*, correspondiente a la intensidad luminosa de una lámpara que quemaba aceite de colza. En Inglaterra, se utilizó el *Vernon*, llamado también *bujía inglesa*, que corresponde a la intensidad luminosa producida en la combustión de una mezcla de aire y gas pentano.

Para terminar con todo este desbarajuste de unidades, en 1909 se adoptó como unidad de intensidad luminosa la llamada *bujía internacional*, representada por una cierta fracción de la intensidad luminosa media de tres lotes de lámparas patrón, conservadas en los laboratorios nacionales de medidas de Francia, Inglaterra y Estados Unidos.

Algunas naciones no adoptaron la bujía internacional entre otras cosas, por la imposibilidad material de comparar las luces de diferentes colores utilizadas en las diferentes lámparas patrones. Se intentó remedio a esto, buscando un patrón primario cuyas características físicas fueran idénticas para todas las partes del mundo. Tras muy laboriosas gestiones, la Comisión Internacional de Alumbrado recomendó, en junio de 1948, un patrón primario y una nueva unidad de intensidad luminosa; en octubre de 1948, la Conferencia General de Pesas y Medidas, aprobó las recomendaciones anteriores, con validez para todos sus países miembros.

La unidad adoptada es la *candela o nueva bujía*. El patrón primario internacional es un crisol conteniendo platino puro en estado de fusión; en el punto de solidificación del platino fundido, su temperatura permanece constante e igual a 2046° K. Un centímetro cuadrado de este patrón primario tiene una intensidad luminosa de 60 candelas. La candela, definida de esta manera, representa la intensidad luminosa horizontal de una llama de bujía y es sensiblemente igual a la bujía internacional.

A continuación se presentan las relaciones entre las unidades indicadas, haciendo la observación que, actualmente, se emplea ya casi exclusivamente la candela.

Tabla 2.2. Relaciones entre las unidades de intensidad luminosa

	Bujía Hefner	Bujía Cárcel	Bujía inglesa	Bujía internacional	Candela
Bujía Hefner	1	0,093	0,864	0,90	0,92
Bujía Cárcel	10,75	1	9,24	9,65	9,80
Bujía inglesa	1,154	0,108	1	1,04	1,05
Bujía internacional	1,11	0,104	0,96	1	1,02
Candela	1,09	0,102	0,94	0,98	1

2.1.6.2. Unidades de flujo luminoso. La unidad de flujo luminoso es el lumen; definida (véase figura 2.15.), como el flujo luminoso emitido en un ángulo sólido de 1 estereorradián por un manantial luminoso cuya intensidad luminosa es igual a una candela.

Figura. 2.15. Definición de la unidad de flujo luminoso.

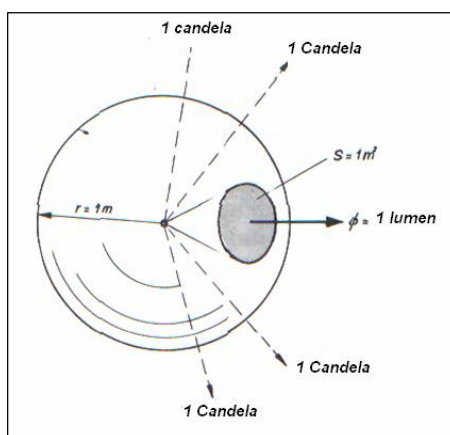
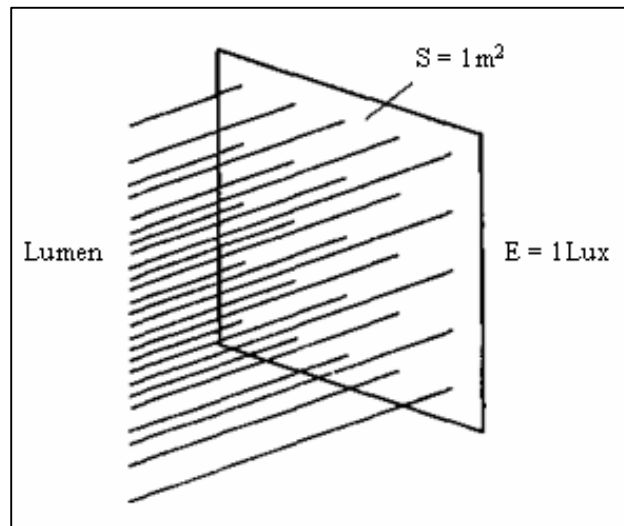


Figura. 2.16. Definición de la unidad de iluminación.



La esfera unidad, es la que tiene un radio r y un ángulo sólido máximo.

$$\omega = 4\pi \text{ estereorradianes}$$

Por lo tanto, si se considera un manantial luminoso puntiforme situado en el centro de la esfera y cuya intensidad luminosa sea de 1 Candela, admitiendo que la radiación sea uniforme, es decir, que se realice de manera regular en todas las direcciones del espacio y recordando que

$$I = \frac{\Phi}{\omega}$$

De donde

$$\Phi \omega = I \omega$$

Sustituyendo valores, se tiene que para el manantial luminoso citado, en todas las direcciones del espacio se irradian:

$$\Phi = 4\pi \text{ lúmenes}$$

Figura.2.17. Cantidad de luz sale de una fuente luminosa en todas las direcciones.



Tabla 2.3. Flujo luminoso de algunas lámparas.

EJEMPLOS	
Lámpara incandescente para señalización	1 Lm
Lámpara para bicicleta	18 Lm
Lámpara incandescente clara de 60W	650 Lm
Tubo fluorescente de 32W trifosforo	2.800 Lm
Lámpara a vapor metal halide 400W	30.000 Lm

2.1.6.3. Unidades de iluminancia. La unidad de iluminación más empleada es el lux. Definida (figura 2.16.) como la iluminación de una superficie de 1 m^2 que recibe, uniformemente repartido, el flujo de 1 lumen.

A veces se emplea otra unidad, llamada *phot* definida como la iluminación de una superficie de 1 cm^2 , que recibe, uniformemente repartido, el flujo de 1 lumen; como esta unidad resulta demasiado grande, para casi todas las aplicaciones prácticas se utiliza el *miliphot* o milésima parte del *phot*. Finalmente, en los países de habla inglesa se emplea todavía el *footcandle* que es la iluminancia de una superficie de un pie cuadrado, que recibe, uniformemente repartido, el flujo de 1 lumen. En este manual se utilizará el lux como unidad de iluminancia. Pero, por si pudiera presentarse el caso de tener que realizar cálculos luminotécnicos utilizando otras unidades, en la tabla 2.4. se expresan las relaciones entre las unidades de iluminancia.

Tabla 2.4. Relaciones entre las unidades de iluminancia.

	Lux	Phot	Miliphot	Footcandle
Lux	1	0,0001	0,1	0,093
Phot	10.000	1	1.000	929
Miliphot	10	0,001	1	0,929
Footcandle	10,764	0,00108	1,076	1

Figura. 2.18. **NIVEL DE ILUMINANCIA:** Nivel de iluminancia de una superficie de un metro cuadrado que recibe un flujo luminoso de un lumen. La iluminación, también llamada iluminancia, es la magnitud que representa el resultado final del cálculo luminotécnico Unidad: lux = lm/m²



2.1.6.4. Unidades de emitancia. La emitancia se puede expresar en las mismas unidades que la iluminancia ya que se trata, de flujo luminoso por unidad de superficie, lo mismo que la iluminancia. La única diferencia es que la emitancia se refiere a una superficie luminosa mientras que la iluminancia se refiere a una superficie iluminada. Para no confundir ambos conceptos, se reservan los nombres de lux, phot y footcandle para las unidades de iluminancia; para las unidades de emitancia se emplean las expresiones *Lumen por metro cuadrado*, *Lumen por centímetro cuadrado* y *Lumen por pie cuadrado*, respectivamente.

2.1.6.5. Unidades de luminancia. Para definir las unidades de luminancia, se utilizan dos criterios diferentes: por una parte, pueden deducirse estas unidades directamente, a partir de la fórmula:

$$L = \frac{I}{S}$$

El segundo criterio que se utiliza no está fundamentado directamente en la definición de la magnitud «luminancia» sino en la propiedad que tienen las superficies difusoras de presentar en cada uno de sus puntos, una luminancia proporcional a la emitancia luminosa e independiente de la dirección de observación.

Se obtienen, por lo tanto dos grupos de unidades:

1.^{er} grupo de unidades:

Hasta no hace mucho, se utilizaba el *stilb*, definido como la luminancia de una candela sobre 1 cm² de superficie; pero esta unidad tiene el inconveniente de referirse a superficies expresadas en centímetros cuadrados, cuando todas las demás unidades luminotécnicas se refieren a superficies que se expresan en metros cuadrados.

Por la razón antedicha, la tendencia actual, con la recomendación de la Comisión Internacional de Alumbrado, es emplear como unidad de flujo, la *candela por metro cuadrado*, llamada también *nit*; esta unidad es 10.000 veces más pequeña que la anterior, como se puede comprender intuitivamente, ya que la luminancia de una superficie de 1 m² que recibe una intensidad luminosa determinada será mucho menor que si esa misma intensidad luminosa se recibe sobre 1 cm². En los países que aún utilizan el sistema inglés de medida, se emplea también como unidad de brillo la *candela por pie cuadrado*.

2.^{do} grupo de unidades.

El *Blondel*, igual a la luminancia de una superficie perfectamente difusora que emite o refleja un flujo luminoso uniforme de 1 lumen por metro cuadrado.

El *Lambert*, es la luminancia de una superficie perfectamente difusora que emite o refleja un flujo luminoso uniforme de 1 lumen por centímetro cuadrado.

El *Footlambert*, igual a la luminancia de una superficie perfectamente difusora que emite o refleja un flujo luminoso uniforme de 1 lumen por pie cuadrado.

Estas unidades han sido rechazadas por la Comisión Internacional de Alumbrado.

Sin embargo, hay cierta inercia a abandonarlas definitivamente porque presentan la ventaja práctica de que, si se las emplea para expresar la luminancia de una superficie difusora, la relación entre la emitancia o radiancia R y la luminancia L de esta superficie, presenta la forma sencilla siguiente:

Tabla 2.5. Correspondencia entre las diversas unidades de luminancia de los dos grupos.

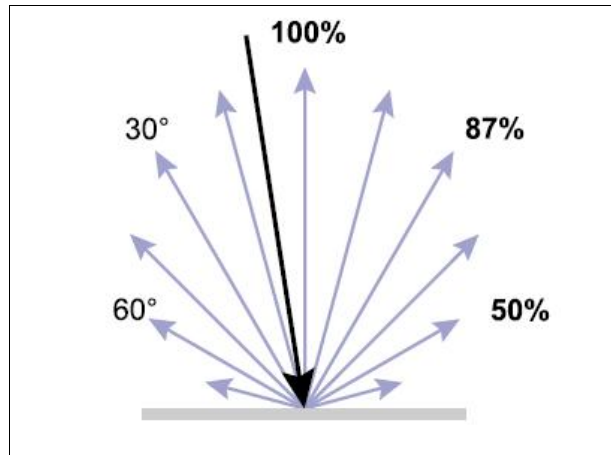
Si se expresa la radiancia en	La luminancia vendrá expresada directamente en:
Lúmenes por m^2	Blondels
Lúmenes por cm^2	Lamberts
Lúmenes por pie^2	Footlamberts

Tabla 2.6. Relaciones entre las unidades de luminancia

	Nit	Stilb	Candela por pie^2	Blondel	Lambert	Foot-lambert
Nit	1	$\frac{1}{10^4}$	0,093	π	$\frac{\pi}{10^4}$	0,29
Stilb	10^4	1	930	$\pi 10^4$	π	2.900
Candela por pie^2	10,76	0,00108	1	33,80	0,00338	π
Blondel	$\frac{1}{\pi}$	$\frac{1}{\pi 10^4}$	0,0296	1	$\frac{1}{10^4}$	0,093
Lambert	$\frac{10^4}{\pi}$	$\frac{1}{\pi}$	296	10^4	1	930
Footlambert	$\frac{10,76}{\pi}$	$\frac{3,43}{10^4}$	$\frac{1}{\pi}$	10,76	0,00108	1

2.1.6.6. Luminancia o brillo fotométrico. Intensidad luminosa emitida en una dirección dada por una superficie luminosa o iluminada. (Efecto de “brillo” que una superficie produce en el ojo). Unidad: cd/m^2 . La cantidad de luz que rebota depende de la capacidad de absorción de la superficie.

Figura. 2.19. Brillo Fotométrico.



2.1.6.7. Contraste. El factor dominante en la discriminación de un objeto es la diferencia en luminancia o color entre el objeto observado y su alrededor inmediato. En el sentido subjetivo, contraste es la evaluación de la diferencia en apariencia de dos partes de un campo de visión vistos simultánea o sucesivamente. En el sentido objetivo, contraste - específicamente el contraste de luminancia - se define como la relación entre la luminancia del objeto y del fondo, expresado por la siguiente ecuación:

$$L_c = \frac{L_o - L_f}{L_f}$$

Donde L_o y L_f representan la luminancia del objeto y del fondo respectivamente. El contraste de color se puede describir especificando los colores mediante un sistema de color adecuado.

2.1.6.7.1. Sensibilidad de contraste. El rendimiento de las tareas visuales resulta más fácil si el contraste o la luminancia es superior al valor del umbral definido por la sensibilidad del contraste del ojo. La sensibilidad del contraste se mide ajustando el nivel de luminancia de una tarea, de manera tal que el contraste resulte perceptible.

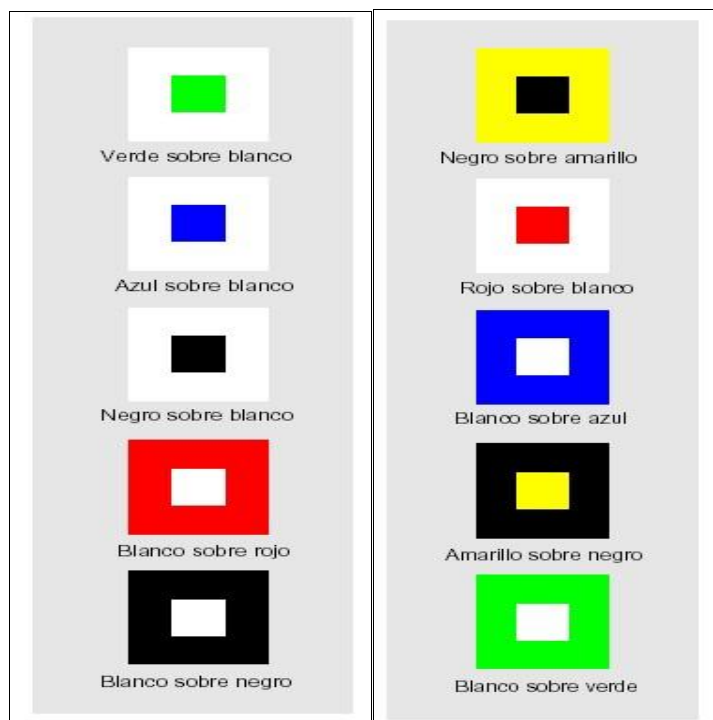
Cuantitativamente, la sensibilidad del contraste (SC) es igual a la recíproca del umbral de contraste (C_u), o a la luminancia de fondo dividida por el umbral de luminancia (L_u).

$$SC = \frac{1}{C_u} = \frac{L_f}{L_u} = \frac{L_o}{L_o - L_f}$$

Por lo tanto, cuanto menores sean los valores de dichos umbrales, mayor será la sensibilidad.

La sensibilidad de contraste medida según condiciones de laboratorio es una función de la luminancia de fondo. Sin embargo, según condiciones de campo, también está influenciada por los alrededores, la adaptación del ojo, y otros factores secundarios, tales como las fuentes de luz que reflejan dentro del campo de visión.

Figura.2.20. Contrastes de color más efectivos.



2.1.6.8. Reflectancia. Proporción de la luz reflejada por una superficie. Es una cantidad no dimensional. El poder reflectante de las superficies que rodean a un local, juega un papel muy importante en el resultado final del proyecto de iluminación. La luz emitida por la luminaria, podrá ser reflejada y aprovechada en mayor ó menor grado según el poder reflectante de esas superficies. Su valor varía entre 0% y 100%.

Tabla 2.7. Porcentajes de reflectancias en colores y materiales.

REFLECTANCIA DE ALGUNOS COLORES Y MATERIALES			
Color	Refl. %	Material	Refl. %
Blanco	70-75	Revoque claro	35-55
Crema claro	70-80	Revoque oscuro	20-30
Amarillo claro	50-70	Hormigón claro	30-50
Verde claro	45-70	Hormigón oscuro	15-25
Gris claro	45-70	Ladrillo claro	30-40
Celeste claro	50-70	Ladrillo oscuro	15-25
Rosa claro	45-70	Mármol blanco	60-70
Marrón claro	30-50	Granito	15-25
Negro	4-6	Madera clara	30-50
Gris oscuro	10-20	Madera oscura	10-25
Amarillo oscuro	40-50	Vidrio plateado	80-90
Verde oscuro	10-20	Aluminio mate	55-60
Azul oscuro	10-20	Aluminio pulido	80-90
Rojo oscuro	10-20	Acero pulido	55-65

2.2. FACTORES QUE DETERMINAN EL CONFORT VISUAL

Los requisitos que un sistema de iluminación debe cumplir para proporcionar las condiciones necesarias para el confort visual son los siguientes:

- Iluminación uniforme.
- Luminancia óptima.
- Ausencia de brillos deslumbrantes.
- Condiciones de contraste adecuadas.
- Reproducción de colores correctos.

Es importante examinar la luz en el lugar de trabajo no sólo con criterios cuantitativos, sino también cualitativos. El primer paso es estudiar el puesto de trabajo, la precisión que requieren las tareas realizadas, la cantidad de trabajo y la movilidad del trabajador. La luz debe incluir componentes de radiación difusa y directa. El resultado de la combinación de ambos producirá sombras de mayor o menor intensidad, que permitirán al trabajador percibir la forma y posición de los objetos situados en el puesto de trabajo. Deben eliminarse los reflejos molestos, que dificultan la percepción de los detalles, así como los brillos excesivos o las sombras oscuras. El mantenimiento periódico de la instalación de alumbrado es muy importante.

El objetivo es prevenir el envejecimiento de las lámparas y la acumulación de polvo en las luminarias, cuya consecuencia será una pérdida constante de luz. Por esta razón, es importante elegir lámparas y sistemas fáciles de mantener. Además de la sensación de bienestar creada por la iluminación, esta debe contribuir a la arquitectura interior, sin interferir con ella, pero creando un agrado visual. Hoy día podemos variar el aspecto de un espacio solo cambiando la forma de iluminar.

2.2.1. Deslumbramiento. El deslumbramiento es una sensación molesta que se produce cuando la luminancia de un objeto es mucho mayor que la de su entorno. Es lo que ocurre cuando miramos directamente una bombilla o cuando vemos el reflejo del sol en el agua.

Existen dos formas de deslumbramiento, el perturbador y el molesto. El primero consiste en la aparición de un velo luminoso que provoca una visión borrosa, sin nitidez y con poco contraste, que desaparece al cesar su causa; un ejemplo muy claro se tiene cuando conduciendo de noche se cruza un coche con las luces largas. El segundo consiste en una sensación molesta provocada porque la luz que llega a los ojos, es demasiado intensa produciendo fatiga visual. Esta es la principal causa de deslumbramiento en interiores.

Pueden producirse deslumbramientos por observación directa de las fuentes de luz o por observación indirecta o reflejada de las fuentes en alguna superficie (una mesa, un mueble, un cristal, un espejo).

La visión directa de la lámpara o del interior de la luminaria puede representar una fuente de deslumbramiento. Existe una gama extensa de recursos para reducir el deslumbramiento de las luminarias por encima del ángulo de 45° o superiores. Entre ellos se cuentan las rejillas parabólicas, reflectores, rejillas y una gran variedad de difusores.

Figura 2.21. Factores que afectan al deslumbramiento.



2.2.2. Niveles de iluminación. Cada actividad requiere un nivel específico de iluminación en el área donde se realiza. Cuanto mayor sea la dificultad de percepción visual, mayor deberá ser el nivel medio de la iluminación. En general se pueden distinguir entre tareas con requerimientos luminosos mínimos, normales o exigentes.

En el primer caso estarían las zonas de paso (pasillos, vestíbulos, etc.) o los locales poco utilizados (almacenes, cuartos de maquinaria...) con iluminancias entre 50 y 200 luxes. En el segundo caso tenemos las zonas de trabajo y otros locales de uso frecuente con iluminancias entre 200 y 1000 luxes. Por último están los lugares donde son necesarios niveles de iluminación muy elevados (más de 1000 luxes) porque se realizan tareas visuales con un grado elevado de detalle que se puede conseguir con iluminación local. El nivel de iluminación se mide con un luxómetro que convierte la energía luminosa en una señal eléctrica, que posteriormente se amplifica y permite una fácil lectura en una escala de lux calibrada. Al elegir un cierto nivel de iluminación para un puesto de trabajo determinado, deberán estudiarse los siguientes puntos:

- La naturaleza del trabajo.
- La reflectancia del objeto y de su entorno inmediato.
- Las diferencias con la luz natural y la necesidad de iluminación diurna.
- La edad del trabajador.

En varias publicaciones a nivel mundial se ofrecen directrices de niveles de iluminación asociados a diferentes tareas.

Tabla 2.8 Niveles de típicos de iluminación aceptados para diferentes áreas según Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE.

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
	Min.	Medio	Máx.
Áreas generales en las construcciones			
Áreas de circulación, corredores	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	100	150	200
Vestidores, baños.	100	150	200
Almacenes, bodegas.	100	150	200
Talleres de ensamble			
Trabajo pesado, montaje de maquinaria pesada	200	300	500
Trabajo intermedio, ensamble de motores, ensamble de carrocerías de automóviles	300	500	750
Trabajo fino, ensamble de maquinaria electrónica y de oficina	500	750	1000
Trabajo muy fino, ensamble de instrumentos	1000	1500	2000
Procesos químicos			
Procesos automáticos	50	100	150
Plantas de producción que requieren intervención ocasional	100	150	200
Áreas generales en el interior de las fábricas	200	300	500
Cuartos de control, laboratorios.	300	500	750
Industria farmacéutica	300	500	750
Inspección	500	750	1000
Balanceo de colores	750	1000	1500
Fabricación de llantas de caucho	300	500	750
Fábricas de confecciones			
Costura	500	750	1000
Inspección	750	1000	1500
Prensado	300	500	750
Industria eléctrica			
Fabricación de cables	200	300	500
Ensamble de aparatos telefónicos	300	500	750
Ensamble de devanados	500	750	1000
Ensamble de aparatos receptores de radio y TV	750	1000	1500
Ensamble de elementos de ultra precisión componentes electrónicos	1000	1500	2000
Industria alimenticia			
Áreas generales de trabajo	200	300	500
Procesos automáticos	150	200	300
Decoración manual, inspección	300	500	750
Fundición			
Pozos de fundición	150	200	300
Moldeado basto, elaboración basta de machos	200	300	500
Moldeo fino, elaboración de machos, inspección	300	500	750
Trabajo en vidrio y cerámica			
Zona de hornos	100	150	200
Recintos de mezcla, moldeo, conformado y estufas	200	300	500
Terminado, esmaltado, envidriado	00	500	750
Pintura y decoración	500	750	1000
Afilado, lentes y cristalería, trabajo fino	750	1000	1500
Trabajo en hierro y acero			
Plantas de producción que no requieren intervención manual	50	100	150
Plantas de producción que requieren intervención ocasional	100	150	250
Puestos de trabajo permanentes en plantas de producción	200	300	500
Plataformas de control e inspección	300	500	750
Industria del cuero			
Áreas generales de trabajo	200	300	500
Prensado, corte, costura y producción de calzado	500	750	1000
Clasificación, adaptación y control de calidad	750	1000	1500
Taller de mecánica y de ajuste			
Trabajo ocasional	150	200	300
Trabajo basto en banca y maquinado, soldadura	200	300	500
Maquinado y trabajo de media precisión en banco, máquinas generalmente automáticas	300	500	750
Maquinado y trabajo fino en banco, máquinas automáticas finas, inspección y ensayos	500	750	1000
Trabajo muy fino, calibración e inspección de partes pequeñas muy complejas	1000	1500	2000
Talleres de pintura y cassetas de rociado			
Inmersión, rociado basto	200	300	500
Pintura ordinaria, rociado y terminado	300	500	750
Pintura fina, rociado y terminado	500	750	1000
Retoque y balanceo de colores	750	1000	1500

Fábricas de papel			
Elaboración de papel y cartón	200	300	500
Procesos automáticos	150	200	300
Inspección y clasificación	300	500	750
Trabajos de impresión y encuadernación de libros			
Recintos con máquinas de impresión	300	500	750
Cuartos de composición y lecturas de prueba	500	750	1000
Pruebas de precisión, retoque y grabado	750	1000	1500
Reproducción del color e impresión	1000	1500	2000
Grabado con acero y cobre	1500	2000	3000
Encuadernación	300	500	750
Decoración y estampado	500	750	1000
Industria textil			
Rompimiento de la paca, cardado, hilado	200	300	500
Giro, embobinamiento, enrollamiento peinado, tintura	300	500	750
Balanceo, rotación (conteos finos) entretejido, tejido	500	750	1000
Costura, desmoteo, inspección	750	1000	1500
Talleres de madera y fábricas de muebles			
Aserraderos	150	200	300
Trabajo en banco y montaje	200	300	500
Maquinado de madera	300	500	750
Terminado e inspección final	500	750	1000
Oficinas			
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	300	500	750
Oficinas abiertas	500	750	1000
Oficinas de dibujo	500	750	1000
Salas de conferencia	300	500	750
Hospitales			
<i>Salas</i>			
Iluminación general	50	100	150
Examen	200	300	500
Lectura	150	200	300
Circulación nocturna	3	5	10
<i>Salas de examen</i>			
Iluminación general	300	500	750
Inspección local	750	1000	1500
<i>Terapia intensiva</i>			
Cabecera de la cama	30	50	100
Observación	200	300	500
Estación de enfermería	200	300	500
<i>Salas de operación</i>			
Iluminación general	500	750	1000
Iluminación local	10000	30000	100000
<i>Salas de autopsia</i>			
Iluminación general	500	750	1000
Iluminación local	5000	10000	15000
<i>Consultorios</i>			
Iluminación general	300	500	750
Iluminación local	500	750	1000
<i>Farmacia y laboratorios</i>			
Iluminación general	300	400	750
Iluminación local	500	750	1000
Almacenes			
<i>Iluminación general:</i>			
En grandes centros comerciales	500	750	
Ubicados en cualquier parte	300	500	
Supermercados	500	750	
Colegios			
<i>Salones de clase</i>			
Iluminación general	300	500	750
Tableros para emplear con tizas	300	500	750
Elaboración de planos	500	750	1000
<i>Salas de conferencias</i>			
Iluminación general	300	500	750
Tableros	500	750	1000
Bancos de demostración	500	750	1000
Laboratorios	300	500	750
Salas de arte	300	500	750
Talleres	300	500	750
Salas de asamblea	150	200	300

2.2.3. Iluminación uniforme. La iluminancia proporcionada en una superficie de referencia por una instalación de iluminación nunca será totalmente uniforme, ni en espacio ni en tiempo. La relación entre la iluminancia mínima y la iluminancia media es la medida de la uniformidad sobre una superficie dada; esta relación normalmente debe ser no menor que 0.8 para proporcionar posibles ubicaciones de tareas en todo el interior de un recinto.

La iluminancia media proporcionada por una instalación disminuirá gradualmente a lo largo del tiempo debido a la depreciación del flujo luminoso de la lámpara y la acumulación de suciedad en las lámparas, luminarias y del mismo recinto.

2.2.4 Reproducción del color. Para que la iluminación sea de buena calidad la temperatura de color (véase 2.1.4.3.) de la luz de fuentes luminosas debe estar relacionada con el nivel de iluminancia. La experiencia ha demostrado que a medida que aumenta el nivel de iluminancia, también debe aumentar la temperatura del color de las fuentes luminosas, es decir, a mayor iluminancia mayor debe ser el color de la fuente de luz.

Los contrastes de color resultan afectados por el color de la luz elegida y, por esa razón, de ello dependerá la calidad de la iluminación en una aplicación concreta. El color de la luz que se va a utilizar deberá decidirse en función de la tarea que se deba realizar bajo ella. Si el color es próximo al blanco, la reproducción del color y la difusión de la luz serán mejores. Cuanta más luz se aproxime al extremo rojo del espectro, peor será la reproducción del color, pero el ambiente será más cálido y atractivo.

Para aplicaciones prácticas la CIE (Comisión Internacional de Iluminación) ha establecido los cinco grupos de reproducción de color dados en la siguiente tabla.

Tabla 2.9 Grupos de reproducción de color de las lámparas. CIE

Grupo de Reproducción del Color	Rango del Índice de Reproducción de Color (Ra)	Apariencia de Color	Ejemplos de Uso (Recomendados)	Aceptables
1A	$Ra \geq 90$	Calido Intermedio Fríos	Combinación de colores, exámenes clínicos, galerías de arte.	
1B	$90 > Ra \geq 80$	Calidos a Intermedios	Casas, Hoteles, Restaurantes, Oficinas, Negocios, Escuelas.	
		Intermedios a Fríos	Hospitales, Trabajos de Impresión, Pintura e Industrias Textiles, Industrias que demanden alta reproducción cromática.	
2	$80 > Ra \geq 60$	Calido Intermedios Fríos	Trabajo Industrial	Oficinas, Escuelas.
3	$60 > Ra \geq 40$		Industrias Rusticas.	Trabajo Industrial.
4	$40 > Ra \geq 20$			Trabajo industrial con bajos requisitos de reproducción de colores

3. DISEÑO DE ILUMINACIÓN INTERIOR

En la iluminación no hay reglas rígidas ni ligeras que regulen el proceso de diseño, como tampoco habrá una solución ideal y única para un problema de iluminación en particular. El diseñador de iluminación debe contemplar aspectos arquitectónicos, eléctricos, económicos, decorativos, funcionales y legislativos del área a iluminar, buscando equilibrar todos estos requerimientos y así encontrar una solución satisfactoria.

3.1. CONDICIONES DE ILUMINACIÓN GENERAL

La iluminación de los ambientes interiores tiene por objeto satisfacer las siguientes necesidades:

- Contribuir a crear un ambiente de trabajo seguro.
- Ayudar a realizar tareas visuales.
- Crear un ambiente visual apropiado.

La creación de un ambiente de trabajo seguro tiene que estar en el primer lugar de la lista de prioridades y, en general, se aumenta la seguridad haciendo que los peligros sean claramente visibles. El orden de prioridad de las otras dos necesidades dependerá en gran medida del uso dado al ambiente interior. La realización de la tarea puede mejorarse haciendo que sea más fácil ver todos sus detalles, mientras que se crean ambientes visuales apropiados variando el énfasis de iluminación dado a los objetos y superficies existentes dentro del ambiente interior.

La luz y el color influyen en la sensación general de bienestar, incluyendo la moral y la fatiga. Con bajos niveles de iluminación, los objetos tienen poco o ningún color o forma y se produce una pérdida de perspectiva. A la inversa, el exceso de luz puede ser tan incómodo como su escasez.

En general, la gente prefiere una habitación con luz diurna a una habitación sin ventanas. Además, se considera que el contacto con el mundo exterior contribuye a la sensación de bienestar. La introducción de controles de iluminación automáticos, junto con la atenuación de altas frecuencias en las lámparas fluorescentes, ha permitido proporcionar a los ambientes interiores una combinación controlada de luz natural y luz artificial. A ello se añade la reducción de los costos energéticos. En la percepción del carácter de un ambiente interior influyen el brillo y el color de sus superficies visibles, tanto interiores como exteriores.

Las condiciones de iluminación general de un ambiente interior pueden conseguirse utilizando luz.

Con todo, no es posible proporcionar una iluminancia constante para una tarea utilizando sólo la luz natural, debido a su gran variabilidad, y si la tarea está dentro del mismo campo de visión que un cielo brillante, es probable que se produzcan brillos deslumbrantes que entorpecen la realización de la tarea. La utilidad de la luz natural para iluminar tareas es sólo parcial, por lo que la iluminación artificial, sobre la que puede ejercerse un mayor control, tiene un papel importante que desempeñar. Como el ojo humano sólo percibe superficies y objetos a través de la luz que reflejan, de ello se deduce que el aspecto del ambiente se verá afectado por las características de la superficie y los valores de reflectancia, junto con la cantidad y calidad de la luz.

3.2 MÉTODOS DE ILUMINACIÓN

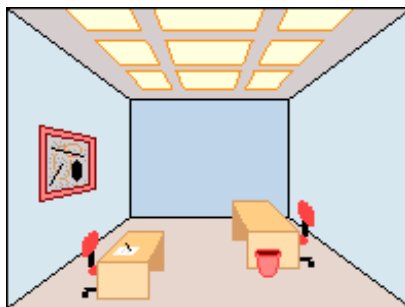
Dependiendo de la funcionalidad del área se determina el tipo de iluminación a utilizar. Para este propósito se clasifican como sistemas primarios y secundarios.

3.2.1. Métodos primarios de iluminación. Los métodos de iluminación primarios son aquellos que logran una:

- Iluminación general.
- Iluminación localizada.
- Iluminación local + iluminación general.

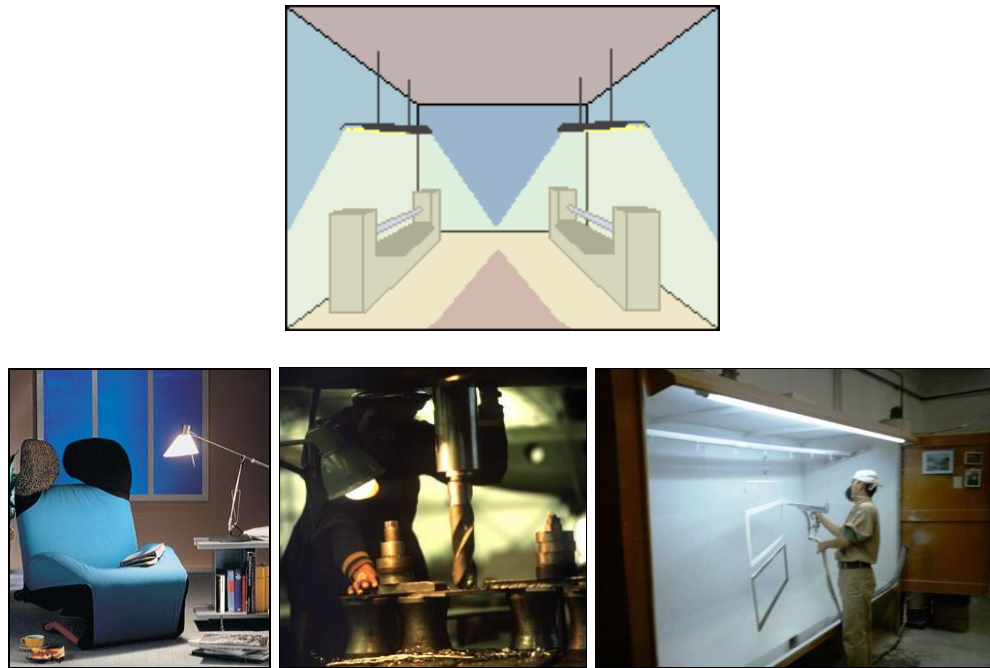
3.2.1.1. Iluminación general. Proporciona iluminación uniforme sobre toda el área iluminada. Es un método de iluminación muy utilizado y se usa habitualmente en oficinas, centros de enseñanza, fábricas, comercios, etc. Se consigue distribuyendo las luminarias de forma regular por todo el techo del local. Al utilizarla sola la iluminancia media debe ser igual a la iluminancia requerida para la tarea visual especificada.

Figura. 3.1. Iluminación General



3.2.1.2. Iluminación localizada. Iluminación cerca de la tarea visual para realizar un trabajo concreto. El resto del local, formado principalmente por las zonas de paso se ilumina con una luz más tenue. La diferencia de luminancias entre las zonas de trabajo y las de paso puede producir deslumbramiento molesto.

Figura.3.2. Iluminación Localizada.



3.2.1.3. Iluminación local + iluminación general. Se utiliza para iluminar una tarea visual que necesita de un nivel de iluminancia mayor a la proporcionada por la iluminación general para ajustarse a los requerimientos correspondientes a las diferencias de luminancia en esta área. Es una manera económica de proporcionar los niveles de iluminación necesarios para determinada tarea, sin embargo graduada incorrectamente causa deslumbramiento molesto a las personas más próximas.

Figura.3.3. Iluminación general más local.



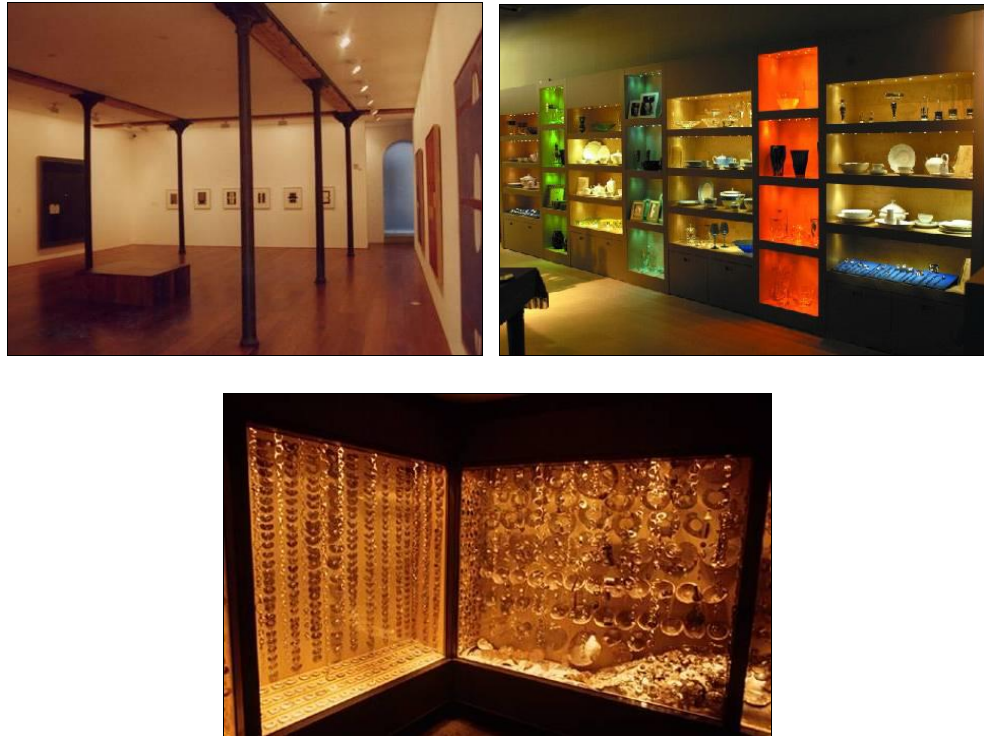


3.2.2. Métodos secundarios de iluminación. Cuando se requiere algo más que una iluminación puramente funcional y se desea dar efectos y ambientes especiales, la iluminación es una herramienta importante para crear el "ambiente" apropiado. A este método de iluminación se le llama iluminación secundaria e incluye:

3.2.2.1. Iluminación de acentuación. Una forma en la que la iluminación puede ayudar a crear ambiente y destacar lo mejor de la decoración interior es enfatizando objetos o características particulares, o desviando la atención hacia una parte del campo de visión. Esto se logra utilizando iluminación de acentuación. La mayor parte de la iluminación de acentuación se crea utilizando "spots" (Luminarias halógenas de acentuación).

El acento producido puede consistir en una diferencia de brillo o profundidad del color sobre una superficie, o en un juego de luz y sombra sobre un objeto atractivo para ayudar a acentuar su forma.

Figura.3.4. Iluminación de acentuación.



3.2.2.2. Iluminación decorativa. Es el nombre utilizado para describir el uso de luminarias o lámparas atractivas con el objeto de proporcionar puntos de interés en un interior.

Figura.3.5. Iluminación decorativa.



3.2.2.3. Iluminación integrada a la arquitectura. A veces llamada iluminación estructural, es aquella que tiene correlación con la arquitectura del interior y hacia la cual busca desviar la atención de una manera u otra. Es un método muy discreto de proporcionar luz, ya que se utilizan cornisas, doseleras, bovedillas, doseles, plafones, etc. para ocultar la fuente a la visión.

Figura.3.6. Iluminación integrada a la arquitectura.



3.2.2.4. Iluminación de ambientación. No es una técnica específica de iluminación, es la posibilidad de encender o graduar los distintos elementos de iluminación de acuerdo con la actividad que se desarrolla.

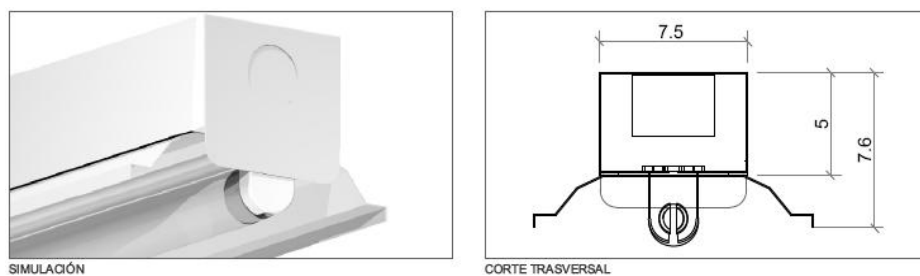
Figura.3.7. Iluminación de ambientación.

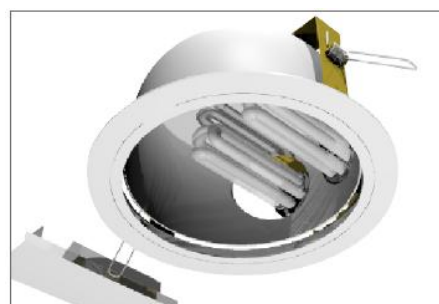


3.3. SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

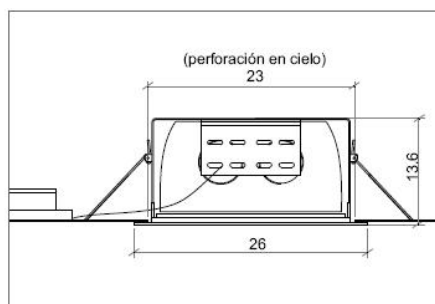
3.3.1. Iluminación directa. Se produce cuando todo el flujo de las lámparas va dirigido hacia el objeto a iluminar. Es el sistema más económico de iluminación y el que ofrece mayor rendimiento luminoso. El riesgo de deslumbramiento directo es muy alto y produce sombras duras poco agradables para la vista. Se consigue utilizando luminarias directas.

Figura.3.8. Ejemplos de luminarias con iluminación directa.





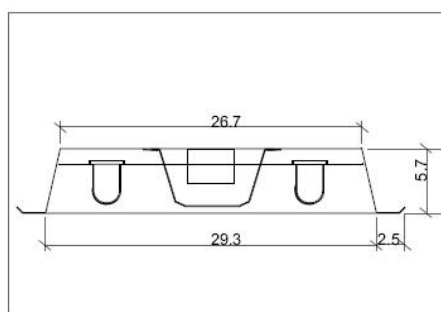
SIMULACIÓN



CORTE TRASVERSAL



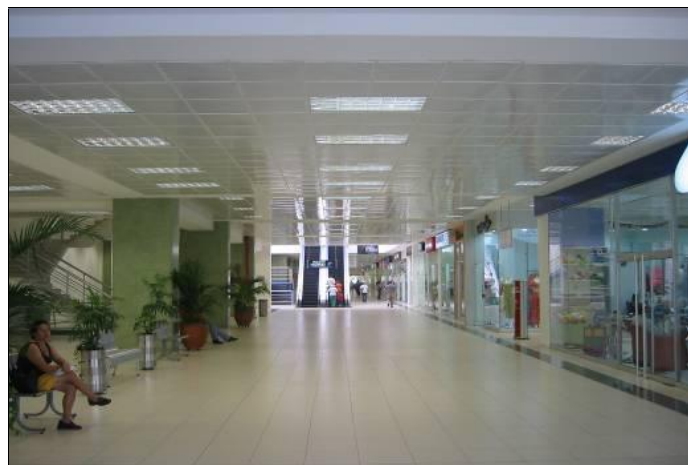
SIMULACIÓN



CORTE TRASVERSAL

Figura.3.9. Iluminación directa.





3.3.2. Iluminación semidirecta. La mayor parte del flujo luminoso se dirige hacia el suelo y el resto es reflejado en techo y paredes. El riesgo de deslumbramiento es bajo y no hay sombras, lo que le da un aspecto monótono a la sala y sin relieve a los objetos iluminados. Sólo es recomendable para techos que no sean muy altos y sin claraboyas puesto que la luz dirigida hacia el techo se perdería por ellas.

Figura.3.10. Ejemplos de Luminarias de iluminación semidirecta.

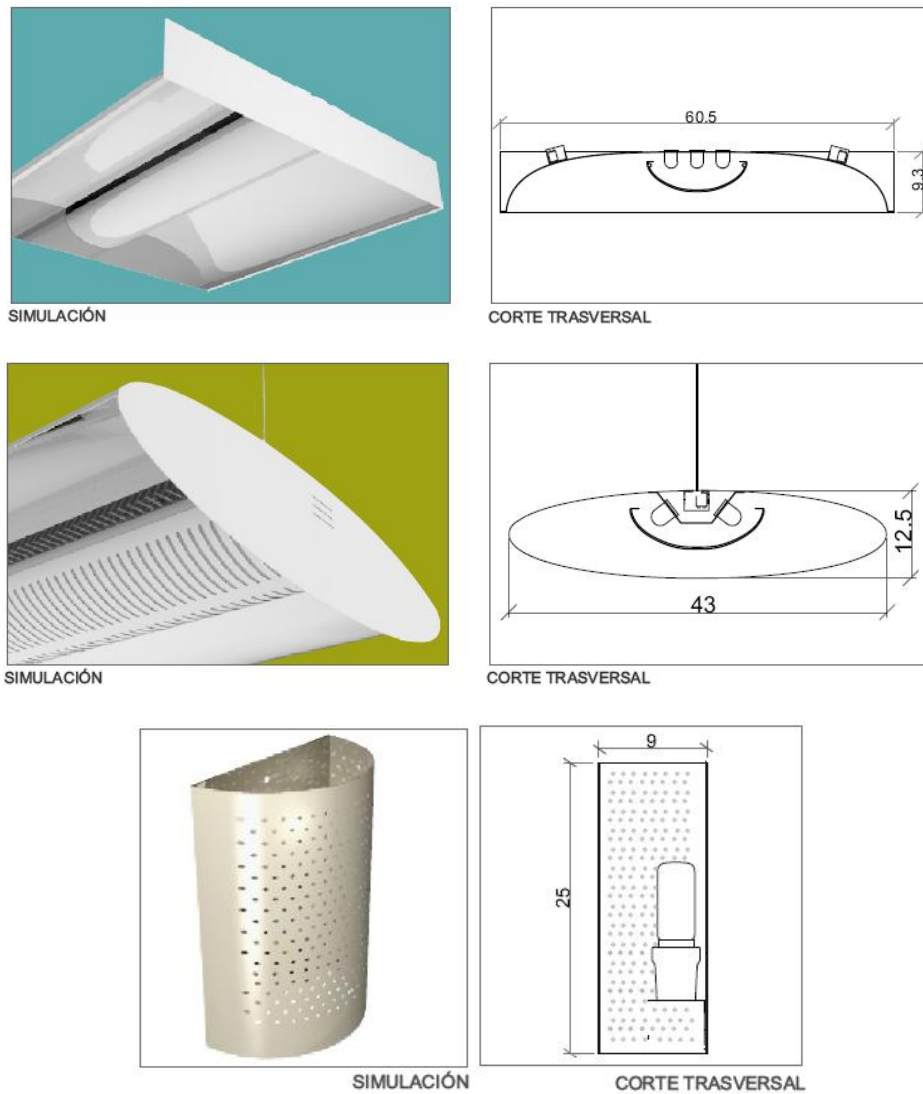


Figura.3.11. Iluminación semindirecta



3.3.3. Iluminación indirecta. Cuando casi toda la luz va al techo. Es la más parecida a la luz natural pero es una solución muy cara puesto que las pérdidas por absorción son muy elevadas. Por ello es imprescindible usar pinturas de colores blancos con reflectancias elevadas. La luz es de buena calidad y muy decorativa, produce muy pocos deslumbramientos y con sombras suaves que dan relieve a los objetos.

Figura.3.12. Ejemplos de luminarias con iluminación indirecta.

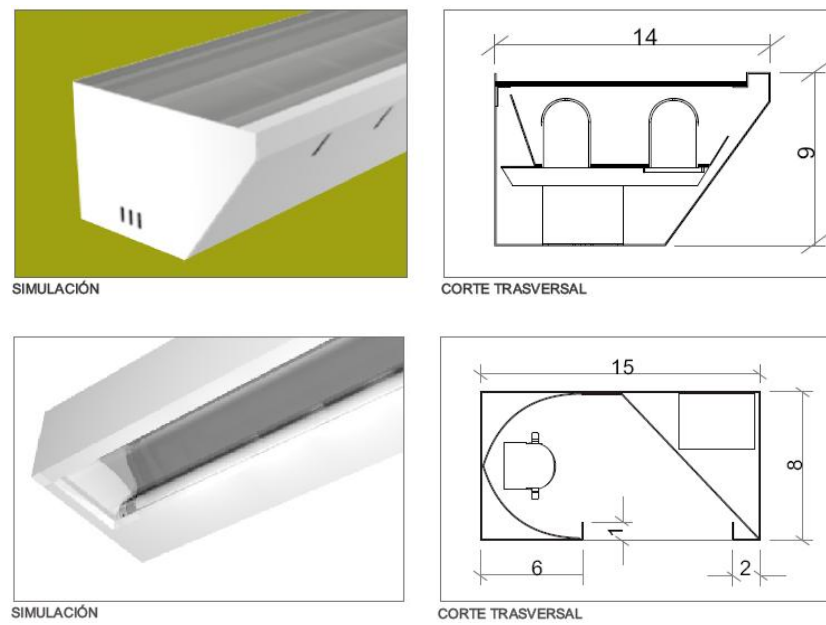


Figura.3.13. Iluminación indirecta.





3.4. CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN

El cálculo de los niveles de iluminación en una instalación de alumbrado interior es bastante sencillo. A menudo bastará con obtener el valor medio del alumbrado general usando el método de las cavidades zonales.

El método de las cavidades zonales busca calcular el “nivel medio” de iluminancia sobre un plano de trabajo considerando el aporte de las reflexiones de paredes, techo y piso y además la incidencia de un factor de mantenimiento o conservación de la instalación, como su nombre sugiere, divide al local en cavidades individuales: la cavidad cielorraso, la cavidad local y la cavidad piso.

Esta forma de analizar por separado el comportamiento de los tres sectores más importantes del volumen total de un local a iluminar, confiere a los cálculos realizados por este método una mayor precisión.

$$E = \frac{f \bullet N \bullet n \bullet m \bullet U}{L \bullet W}$$

Donde;

- E= Iluminancia o Iluminación media en servicio.
- f = Flujo lumínico del tubo fluorescente que se desea utilizar.
- N = Numero teórico de luminarias requeridas.
- n = Numero de tubos por luminaria.
- m = Factor de mantenimiento o coeficiente de depreciación de la luminaria.
- U = Factor o coeficiente reducido de utilización (Plano de trabajo) que se obtiene de la fotometría de la luminaria.
- L = Longitud o largo del recinto.
- W = Ancho del recinto.

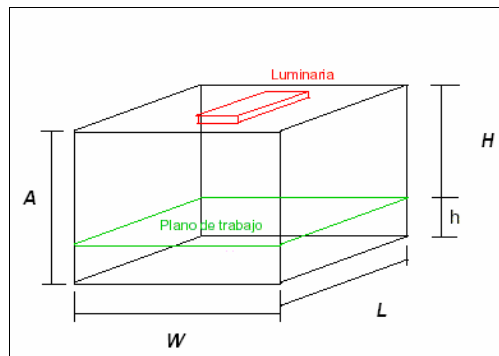
3.4.1. INDICE DE CAVIDAD DEL RECINTO (RCR)

El índice de cavidad del recinto (RCR) es una función de la geometría de la habitación que considera la forma en que las distintas dimensiones del recinto influyen en el aprovechamiento de la luz en el plano de trabajo.

$$RCR = 5 \bullet H \bullet \frac{L + W}{L \bullet W}$$

- A = Altura del piso al cielo falso o techo del recinto (Altura de montaje).
- h = Altura del plano de trabajo del recinto.
- H = Altura de la cavidad del recinto o altura neta desde el cielo falso o techo al plano de trabajo (Altura útil para calculo).
- H = (A - h).
- L = Longitud o Largo del recinto.
- W = Ancho del recinto.

Figura.3.14. Descripción del RCR.



3.4.2. Reflectancias. Cuando la luz es reflejada por una superficie, un porcentaje se pierde debido al fenómeno de absorción. La relación entre la luz reflejada y la luz incidente se denomina reflectancia de la superficie.

Para cada tipo de superficie dependiendo de su color y textura se asigna un valor de 0 a 1, donde 0 representa absorción total de la luz y 1 reflexión total.

Figura.3.15. Tabla de coeficientes de reflexión.

Color	CIELO (pcc)	PAREDES (pw)	COLOR
Blanco	0,8	0,7	
Amarillo claro	0,75	0,6	
Verde claro	0,7	0,6	
Gris claro	0,65	0,5	
Celeste claro	0,7	0,6	
Rosa claro	0,7	0,6	
Marrón claro	0,5	0,5	
Negro	0,1	0,1	
Gris oscuro	0,2	0,3	
Amarillo oscuro	0,5	0,35	
Verde oscuro	0,2	0,3	
Azul oscuro	0,2	0,3	
Rojo oscuro	0,2	0,3	

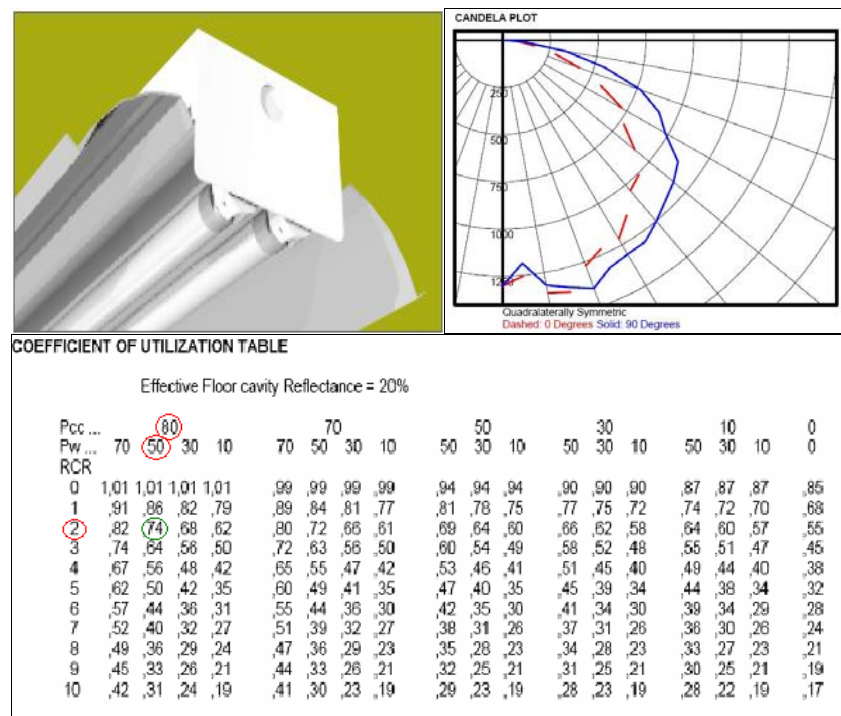
3.4.3. Factor o coeficiente de utilización. Permite conocer el comportamiento de una luminaria determinada en un área establecida, que dependerá directamente de las características físicas de dicho local, alto, ancho, largo, representados por el Índice de cavidad del recinto o RCR.

El color y materiales de construcción del cielo (pcc), el piso (pfc) y las paredes (pw) se representan en este método por su coeficiente de reflexión. Por último se debe ir a la fotometría de la luminaria para encontrar el valor adecuado.

El factor de utilización (U) se determina a partir del índice del local y los factores de reflexión. Estos valores se encuentran tabulados en las tablas fotométricas de las luminarias. En las tablas encontramos para cada tipo de luminaria los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local. Si no se pueden obtener los factores por lectura directa será necesario interpolar.

Por ejemplo para encontrar el factor de utilización de una luminaria referencia IF 1x4/2T83241/E1 de Iluminaciones Técnicas S.A. en un área con un RCR igual a 2, un coeficiente de reflexión Pcc igual a 80% y un Pw igual al 50% , se refiere a la fotometría de la luminaria donde se encuentra el coeficiente de utilización.

Figura.3.16. Reporte fotométrico de una luminaria IF 1x4/2T83241/E1



3.4.4. Factor de mantenimiento. Todos los elementos que contribuyen a la obtención del nivel de iluminación deseado sobre el plano de trabajo, sufren con el tiempo un cierto grado de depreciación. Las lámparas sufren pérdidas en el flujo luminoso emitido, ya sea por envejecimiento, acumulación de polvo sobre su superficie y efectos de la temperatura. Las pantallas reflectoras y las rejillas de las luminarias pierden eficiencia. Las paredes y cielorrasos se ensucian y disminuye su poder reflectante.

3.4.5. Ejemplo de cálculo de iluminación.

Para una oficina multipropósito con las siguientes dimensiones y características:

- Cielo blanco $P_{cc}= 80\%$
- Pared gris claro $P_w= 50\%$
- Reflectancia del piso $P_{fc}= 20\%$
- Altura del montaje $A= 4\text{ m}$
- Ancho $W= 10\text{ m}$
- Largo $L=20\text{ m}$
- Altura de trabajo 0.8 m
- Luminaria IF 1x8/2x2T83241/E1 con factor de mantenimiento $m= 80\%$, que utiliza cuatro tubos por luminaria.
- Tubo fluorescente con un flujo lumínico $f= 2950\text{ lúmenes}$
- Que necesita una iluminancia $E= 600\text{ lux}$

Se tiene:

$$RCR = 5 * (4 - 0.8) * \frac{20 + 10}{20 * 10}$$

$$RCR = 2.4 \rightarrow 2$$

El factor de utilización como se indica en la figura 3.15, con los datos anteriores, es $U= 0.74$.

El número de luminarias N , es:

$$N = \frac{L \times W \times E}{f \times n \times m \times U} = \frac{10 \times 20 \times 600}{2950 \times 4 \times 0.8 \times 0.74} = 17.2$$

Aproximando este valor a 18 luminarias se las puede ubicar en 6 filas y 3 columnas.

Nivel de iluminación inicial (sin considerar factor mantenimiento):

$$E = \frac{f \bullet N \bullet n \bullet U}{L \bullet W} = \frac{2950 \times 18 \times 4 \times 0.74}{10 \times 20} = 786 lux$$

Y se obtiene un nivel de iluminación mantenido de:

$$E = \frac{f \bullet N \bullet n \bullet m \bullet U}{L \bullet W} = \frac{2950 \times 18 \times 4 \times 0.8 \times 0.74}{10 \times 20} = 628.7 lux$$

4. APLICACIONES

Este manual proporciona pautas y recomendaciones generales en lo que respecta al diseño de diferentes áreas según su diseño arquitectónico, de acuerdo con las normas (RETIE, NTC 2050 y GTC 08).

Para llevar a cabo un proyecto de iluminación en general se deben realizar las siguientes preguntas para tener un punto de partida:

- ¿Cuál es la finalidad del espacio a iluminar?
- ¿Qué especificaciones técnicas requiere el área?
- ¿Cómo es la arquitectura del área?
- ¿Qué tipo de luminaria se va a utilizar?

4.1. ILUMINACION DE INTERIORES INDUSTRIALES

En las áreas productivas se busca optimizar la eficiencia laboral, mejorando las condiciones del trabajador y su seguridad. Para tales fines es importante evaluar qué tipo de trabajo se va a desarrollar en el recinto, cómo es ejecutado por el operario para así comenzar a idear el sistema de iluminación más adecuado.

4.1.1 Especificaciones técnicas industriales. En áreas húmedas y de refrigeración, se necesitan luminarias que proporcionen una protección contra el ingreso de agua, mientras que en ambientes sucios las luminarias deberán estar protegidas del polvo. En cada caso, deberá considerarse la clasificación IP de la luminaria utilizada.

Tabla 4.1. Clasificación IEC de luminarias de acuerdo a su grado de protección contra polvo y humedad.

Primer número característico	Descripción	Segundo número característico	Descripción
0	No protegido	0	No protegido
1	Protegido contra objetos sólidos mayores de 50mm.	1	Protegido contra gotas de agua.
2	Protegido contra objetos sólidos mayores de 12mm.	2	Protegido contra gotas de agua que caen con 15° de inclinación.
3	Protegido contra objetos sólidos mayores de 2.5mm.	3	Protegido contra rocío de agua.
4	Protegido contra objetos sólidos mayores de 1mm.	4	Protegido contra salpicaduras.
5	Protegido contra polvo.	5	Protegido contra chorros de agua.
6	Hermético al polvo.	6	Protegido contra mar embravecido.
Ejemplo. Una luminaria con IP65 indica ser hermética al polvo y chorros de agua.		7	Protegido contra efectos de inmersión.
		8	Protegido contra submersión.

Figura.4.1. Luminaria con protección IP65 Ref. IT100 1X4/2T83241/E1

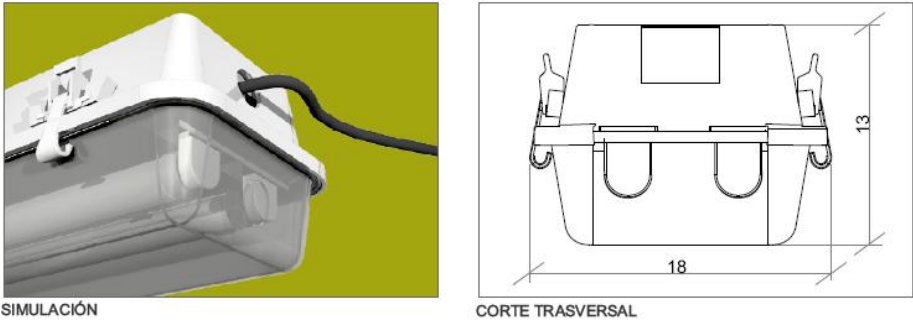
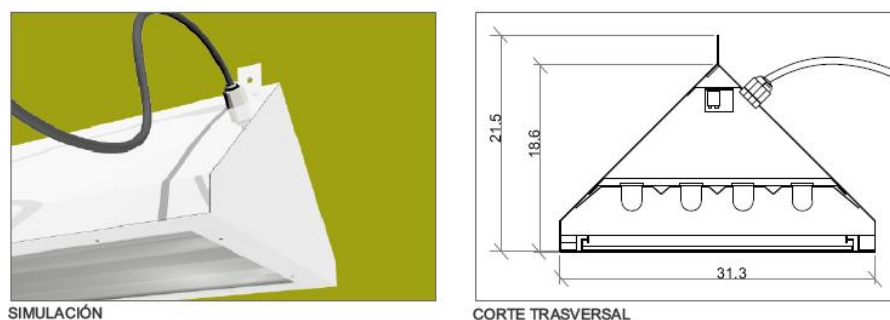


Figura.4.2. Luminaria con protección IP65 Ref. HIGH BAY 1X4/4T554HO41/UNI



En áreas donde las lámparas o luminarias están expuestas, la seguridad eléctrica es de gran importancia. Y en lugares donde puede haber gases explosivos, vapores o líquidos volátiles, las luminarias deberán ser del tipo apropiado para utilizar en áreas peligrosas.

En laboratorios y áreas controladas las luminarias deben ser además de herméticas diseñadas pensando en un fácil mantenimiento y sin ranuras o dobleces donde se pueda acumular el polvo.

Figura.4.3. Luminaria para laboratorios Ref. ILTELUX-IMPCH 2X2/4T81741/E1

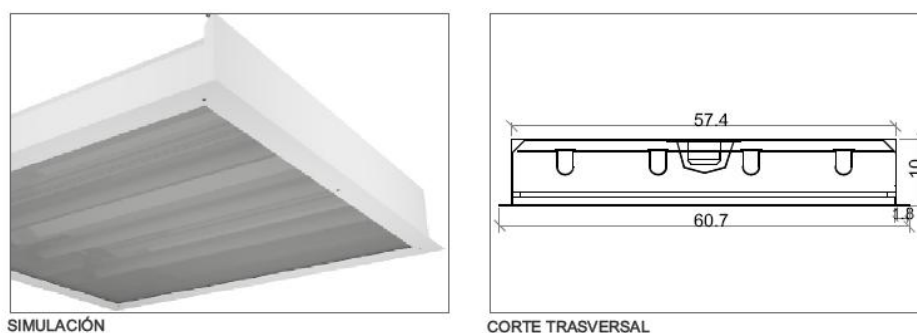
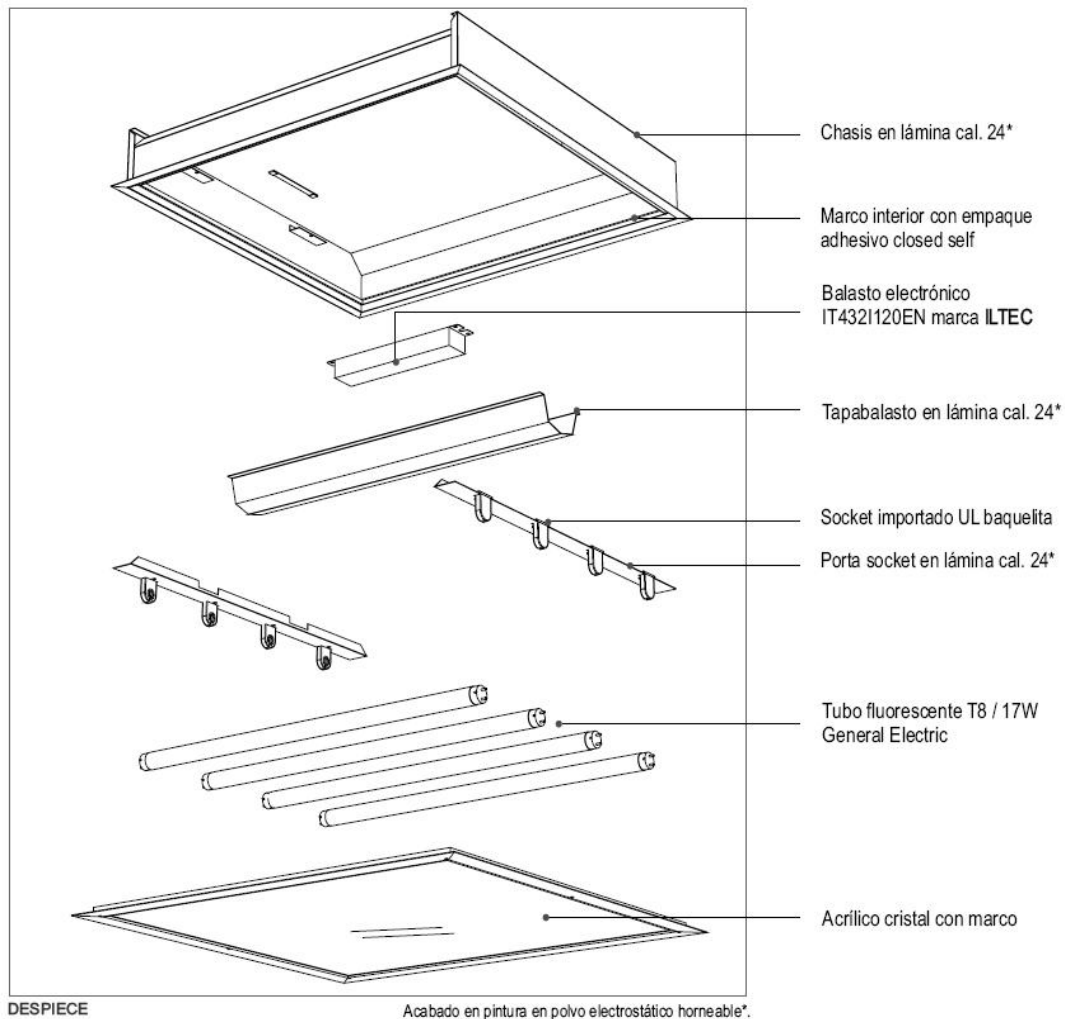


Figura.4.4. Despiece de una luminaria para laboratorios.



Cuando se opera en áreas donde la temperatura ambiente es muy baja, como en frigoríficos o cuartos fríos, se tiene problemas con el encendido de las lámparas y su emisión de luz. Esto es más complicado con lámparas fluorescentes tubulares que con la mayoría de las lámparas a descarga de alta intensidad. Con las lámparas incandescentes esto no sucede. Por esta razón es conveniente utilizar protecciones o fundas plásticas para los tubos, mejorando su temperatura ambiente. Si las temperaturas son demasiado bajas el sistema de arranque debe ser diseñado para tal condición.

En áreas donde la temperatura en las proximidades de las luminarias es alta, como en las fundiciones y acerías, es importante asegurarse de que no se exceda la temperatura de trabajo de los balastos.

4.1.2. Niveles de iluminación. Como se mostró en el capítulo 2 dependen directamente del tipo de labor a realizar, existen tareas donde las exigencias visuales son mayores que en otras, no es lo mismo iluminar un área donde un operario maneja un equipo semiautomático a iluminar una línea de producción donde se realiza inspección y control de calidad, es así precisamente como se representan los diferentes valores típicos de iluminación en la tabla 25 del RETIE (véase tabla 2.9)

4.1.3. Tipos de edificios industriales. A los efectos del diseño de la iluminación, es conveniente dividir las alturas de montaje en grupos de acuerdo con el tipo de edificio de que se trate.

- Áreas industriales de altura normal (entre 2.5 m y 4 m).
- Áreas industriales de mediana altura (entre 4 m y 7 m).
- Áreas industriales de gran altura (mayores a 7 m).

4.1.3.1. Áreas industriales de altura normal. Estos tipos de recintos de poca altura generalmente tienen cielos parejos y blancos, que pueden servir como reflectores extensos a los efectos de obtener una mejor difusión de la luz y de la distribución de luminancia.

Para poder lograr una buena calidad de iluminación y eficiencia la mejor solución es el uso de luminarias con tubos fluorescentes.

Cuando la disposición de los puestos de trabajo no se conoce de antemano o está sujeta a modificaciones, se utiliza iluminación general, distribuyéndose en filas igualmente espaciadas o en forma de rejilla logrando así el nivel de iluminación deseado en todo el interior. Por otra parte, en los casos en que la disposición de los lugares de trabajo es permanente, es posible utilizar un arreglo de iluminación asimétrico más económico que proporcione niveles de iluminación más bajos en las áreas de circulación. Debido a la limitada altura de montaje disponible, se debe prestar especial atención al control de deslumbramiento.

En general, las luminarias se colocan en filas continuas o discontinuas que corren en forma paralela a las ventanas y a la dirección de visión y en ángulo recto a las filas de asientos de trabajo o a las maquinarias. Esto evita sombras que causan problemas en la tarea visual y reduce la posibilidad de que se refleje la luz en los ojos de los operadores. A continuación se muestran dos ejemplos de estas aplicaciones proporcionadas por Iluminaciones Técnicas S.A.

Figura.4.5. Ejemplo de iluminación en edificación de baja altura utilizando luminarias Ref. LFS-IMFE 1X8/2X2T83250/E1.



Figura.4.6. Ejemplo de iluminación en edificación de baja altura utilizando luminarias Ref.ILTELUXIMP1X4/2T83241/E1.



4.1.3.2. Áreas industriales de mediana altura. Las construcciones industriales de esta altura son generalmente de un solo piso y tienen un techo de cerchas con claraboyas traslucidas que dejan pasar la luz natural. Sin embargo, en cualquier tipo de trabajo es necesario agregar iluminación artificial, aún durante las horas del día.

La solución más común es utilizar luminarias de lámparas fluorescentes con reflectores en filas paralelas. En el caso de los techos bajos las mismas se montan contra el cielorraso o en la parte interior de la estructura del techo, mientras que en alturas mayores están suspendidas del techo y cuelgan a unos cuatro metros del piso. La iluminación con un sistema de eléctrico en circuitos controlables y dispuestos uniformemente permite atenuar la iluminación artificial según el aporte de la luz natural, esto constituye una solución económica en aquellos lugares donde la luz natural contribuye al nivel de iluminación.

Una alternativa a las luminarias fluorescentes tubulares donde la altura de montaje es superior a los seis metros es utilizar un número menor de lámparas de mayor potencia (y por lo tanto más eficientes) más espaciadas. Esto brinda beneficios económicos en la instalación, funcionamiento y mantenimiento. Sin embargo, se debe procurar mantener una uniformidad de iluminación aceptable y evitar las sombras duras producidas al utilizar muy pocos puntos de luz. En estos casos se utilizan luminarias tipo campana con lámparas de metal halide, mercurio o sodio de alta potencia. Hoy día Iluminaciones Técnicas S.A. ofrece luminarias con tubos fluorescentes de alta potencia, que reemplazan directamente el flujo luminoso producido por una de alta descarga, estas luminarias denominadas "High Bay", son luminarias con características mas adecuadas para zonas de trabajo, proporcionando mejor uniformidad y un tiempo de encendido instantáneo.

Tabla 4.2. Comparativo de características de luminarias para montaje alto.




	HID 400W	HIGH BAY 4x54W HO	HIGH BAY 6x54W HO
Características.			
Constancia de flujo inicial	Bajo 70%	Alto del 93% - 95 %	Alto del 93% - 95 %
Vida del tubo aprox.	18.000 horas	20.000 horas	20.000 horas
Tiempo de encendido	Lenta – precalentado	Instantánea	instantánea
Reproducción cromática	65 %	85%	85%
Sensores de movimiento	No	Opcional	opcional
Funcionamiento en emergencia	No	Si (con balastos de emergencia)	Si (con balastos de emergencia)
Operación a bajas temperaturas	-20 C	0 F, - 18 C	0 F, - 18 C
Consumo por luminaria aprox.	475 w	216 w	324 w
Lúmenes por vatio	54	87	87
Lúmenes iniciales	36000	20000	30000

Figura. 4.7. Ejemplo de iluminación en edificación de mediana altura con aporte de luz natural utilizando luminarias Ref. IF-SAB 1X8/3X3T83241/E1.



Figura. 4.8. Ejemplo de iluminación en edificación de mediana altura con aporte de luz natural utilizando luminarias Ref. IF-SAE 1X8/2X2T83241/E1.



Figura. 4.9. Ejemplo de iluminación en edificación de mediana altura utilizando luminarias Ref. LFS-I 2X4/4T83241/E1.



4.1.3.3 Áreas industriales de gran altura. En el caso de estructuras muy altas de un solo piso, generalmente las fuentes de luz deben montarse bien arriba. Esto se hace para evitar el contacto con los rieles guía del puente-grúa o de maquinarias similares o cuando las máquinas del taller son muy altas si las hay.

La gran mayoría de las instalaciones emplean filas de luminarias campanas industriales convencionales. Estas tienen una distribución de luz simétrica y albergan lámparas de alta intensidad (Metal Halide, Mercurio o Sodio de alta presión) de hasta 400 W. Una alternativa es la luminaria llamada “High Bay” conformada con lámparas fluorescentes especiales de alta eficiencia, con un flujo luminoso del 190% del que normalmente genera una lámpara de este género.

Los proyectores, con sus ópticas más sofisticadas capaces de proporcionar distribuciones de luz asimétricas con lámparas de 1000 W o más, se colocan cuando es necesario crear iluminancias altas sobre superficies verticales muy elevadas.

Desde los puntos de vista técnico, económico y de mantenimiento, todas estas fuentes de luz son apropiadas para estos tipos de instalaciones, destacándose las luminarias con lámparas fluorescentes de alta eficiencia (ver tabla 4.2).

Figura. 4.10. Ejemplo de iluminación en edificación de gran altura utilizando luminarias con lámparas de metal halide 400 W.



Figura. 4.11. Ejemplo de iluminación en edificación de gran altura utilizando luminarias Ref. HIGH BAY-CFPC 1X4/4T554HO41/E1



Figura. 4.12. Ejemplo de iluminación en edificación de gran altura utilizando luminarias Ref. HIGH BAY-CFPC 1X4/6T554HO41/E1



4.1.4. Consideraciones especiales en la industria. En aquellos interiores en donde la ubicación de los lugares de trabajo es permanente, el uso de iluminación localizada en lugar de iluminación general puede a veces proporcionar ventajas que se manifiestan en una mayor comodidad de los trabajadores y en una reducción de los costos de mantenimiento y energía.

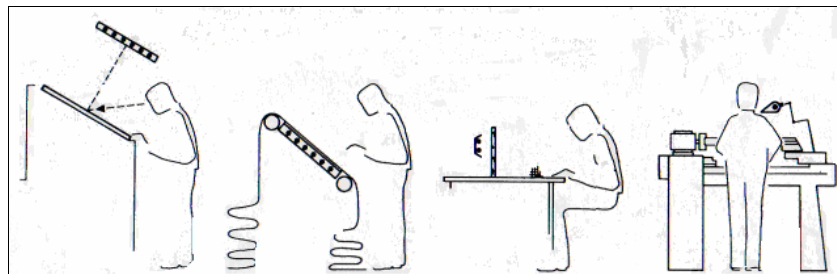
Las luminarias deben estar concentradas a una altura relativamente baja sobre las áreas de trabajo para así brindar las iluminancias más altas en estos puntos proporcionando al mismo tiempo un nivel de iluminación adecuado en los corredores donde se necesita orientación. Se debe tomar especial precaución para que la luminancia del ambiente total no se perjudique por la cantidad limitada de iluminación general.

Figura.4.13. Ejemplos de Iluminación localizada en la industria utilizando luminarias Ref. IF-SAE 1X8/2X2T83241/E1.



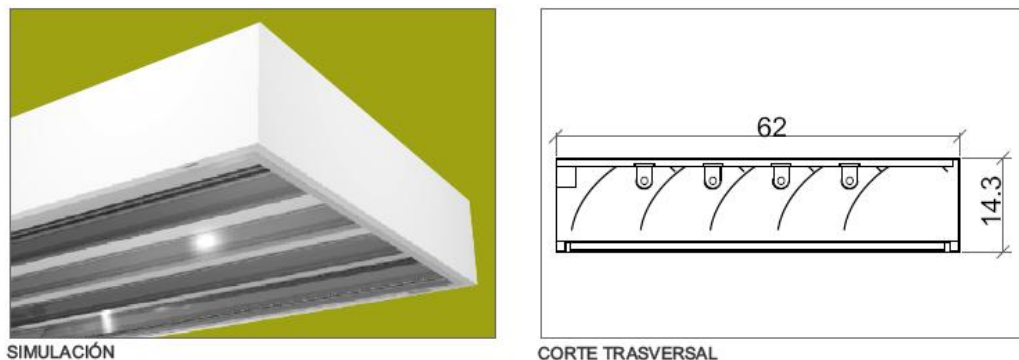
Los requisitos para ciertos tipos de tareas en lo que respecta al nivel y a la calidad de iluminación pueden ser tan rigurosos de manera tal que no resulte técnicamente factible ni económicamente viable cumplir con ellos utilizando sólo un sistema de iluminación general o localizada, para estos casos se hace uso de iluminación local, diseñada para iluminar el área ocupada por la tarea visual y su ambiente más cercano. La iluminación local también se utiliza para incrementar la iluminancia en posiciones de trabajo que, debido a la presencia de obstrucciones (incluyendo al trabajador mismo), no están suficientemente bien iluminadas por la iluminación general.

Figura.4.14. Ejemplos de ubicación de luminarias locales.



Existen aplicaciones donde el trabajo visual requiere una excelente interpretación de los colores, en estos casos es importante escoger una fuente de luz con la temperatura de color ideal según la aplicación y una reproducción cromática mayor del 80% (IRC).

Figura.4.15. Luminara especial para mesas de inspección en industrias de impresión ref. IT ILTELUX-ESPECIAL-SRPC 2X4/4T83250/E1.



4.2. ILUMINACION DE OFICINAS

Los trabajos en las oficinas normalmente son de lectura, escritura, manejo de computadores y atención al público, entre otras. Cada una de estas tareas tiene sus requisitos visuales específicos y es necesario que la luz esté diseñada de acuerdo con los mismos. Además, dado que la sensación de bienestar, el interés y el entusiasmo, que son tan importantes para la productividad, están afectados por el ambiente que los rodea, es claro que la iluminación se debe diseñar para que éste sea lo más placentero posible.

4.2.1. Niveles de iluminación. En la mayoría de las oficinas el plano de trabajo es en general horizontal a una altura de 0.80m aproximadamente sobre el nivel del piso. La iluminancia recomendada para estos espacios se considera en la tabla 2.9.

Cada persona tiene necesidades de iluminación muy propias según su criterio y podría decidir por cuenta propia que nivel de iluminación es necesario en cada momento, siempre y cuando éste se pueda regular sin molestar a otros.

4.2.2. Oficinas generales abiertas. La mayoría de las oficinas generales son medianas o grandes y su distribución es variable; los muebles se reacomodan según las necesidades, y se pueden agregar, mover o sacar paredes divisorias bajas.

Una forma de asegurar que todas las posiciones de trabajo tengan la iluminación adecuada, independientemente de la distribución de la oficina, es instalar un sistema de iluminación general en el cual las luminarias estén dispuestas uniformemente sobrepuestas o incrustadas a lo largo del cielorraso. Sin embargo, cuando se utilizan divisiones modulares la uniformidad de la iluminación puede dañarse provocando sombras sobre los puestos de trabajo, en estos casos es aconsejable utilizar iluminación localizada distribuida según los módulos de trabajo.

Las luces de escritorio provistas de lámparas incandescentes no son realmente apropiadas; dado que no solo son ineficaces, con una alta emisión de calor, sino que además crean una distribución de luminancia poco uniforme sobre el área de trabajo.

Figura.4.15. Ejemplo de oficina general utilizando luminarias Ref. ILTELUX-IR 2X2/ENV, 12E/4T81741/E1.



Figura.4.16. Ejemplo de oficina general utilizando luminarias Ref. ILTELUX-SR 1X4/ENV, 12E/2T83241/E1.



Es mejor emplear luminarias con reflectores montadas en los escritorios equipadas con lámparas fluorescentes compactas. Estas tienen la distribución de luz ancha y pareja que se necesita para una distribución de luminancia uniforme y la emisión de calor es insignificante. Deben estar montadas sobre la línea de visión y equipadas con una celosía adecuada para evitar que se vean las lámparas.

Estos sistemas de iluminación deben planificarse con cuidado si se quiere evitar una distribución de luminancia irregular y posiblemente molesta. La iluminación local debe permitir que una tarea se realice con comodidad en todas las posiciones posibles del trabajador y la iluminación general de nivel bajo debe proporcionar aproximadamente el 50 por ciento de la iluminancia total.

Figura.4.17. Ejemplo de oficina general con divisiones modulares utilizando luminarias Ref. ILTELUX-IR 2X2/ENV, 12E/4T81741/E1.



4.2.3. Oficinas privadas. La iluminación de una oficina privada se debe tratar de la misma manera que la de una oficina general, pero también se puede decidir en función del efecto artístico o la atmósfera que se quiera crear.

La iluminación se debe diseñar para que abarque el escritorio y sus inmediaciones, pero las luminancias en el resto de la habitación se pueden proporcionar con iluminación complementaria. Distintos elementos de iluminación que se puedan emplear para crear diferentes ambientes en la oficina apropiados para distintas situaciones de trabajo. Los elementos decorativos en la oficina tales como plantas, murales y cuadros se pueden destacar utilizando “spots” (luminarias halógenas de acentuación) de haz angosto montados en el cielorraso o en ángulo. Los “spots” de haz ancho se pueden utilizar para “bañar” una pared o varias paredes con luz, tal vez para resaltar la textura y proporcionar una variación agradable en la profundidad del color.

Figura.4.18. Ejemplo de oficina privada utilizando luminarias ref. ILTELUX-IR2X2/ENV, 12E/4T81741/E1



Figura.4.19. Ejemplo de oficina privada con iluminación combinada utilizando luminarias ref ILTELUX-I 2X4/3T554HO41/UNV y ref BALA ITD49H 1X50WH.



4.2.4. Salas de conferencias. Muchos de los principios de iluminación para una oficina privada se aplican también a las salas de conferencias. La mesa de conferencias debe, por supuesto, estar adecuadamente cubierta por la iluminación general.

La iluminación indirecta se usa como complemento para crear un ambiente adicional a la general, además es aconsejable instalar luminarias en todo el perímetro del recinto, implementando así, varios ambientes y niveles de iluminación para cada necesidad de la sala, facilitando la proyección de diapositivas o películas, u otras tareas.

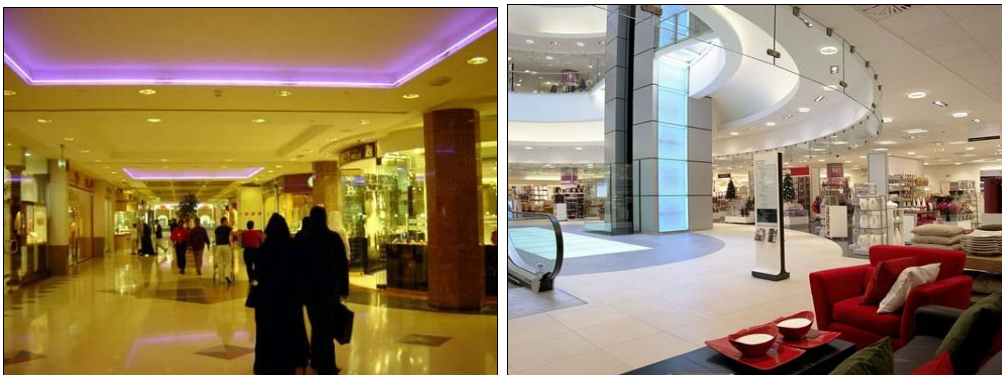
Figura.4.20. Ejemplo de sala de conferencias con iluminación combinada.



4.3. ILUMINACIÓN DE LOCALES COMERCIALES

La iluminación artificial constituye uno de los factores más importantes en el arte de vender. Los comerciantes deben saber que para que un local de ventas tenga éxito, no es suficiente con ofrecer buena mercancía; primero y más importante es lograr que el potencial cliente tome contacto con dicha mercancía. La iluminación cumple un rol vital en el proceso de identificación entre el cliente y el negocio. Empleada correctamente, dará al negocio su propia y exclusiva identidad, de manera tal que el cliente lo identifique como el lugar ideal para él. La iluminación deberá también facilitar la orientación dentro del negocio y se pondrá por lo general énfasis o iluminación acentuada sobre exhibiciones especiales o puntos de interés para atraer a los clientes hacia partes determinadas del negocio.

Figura.4.21. La iluminación en el área comercial.



4.3.1. Requisitos para iluminar un local comercial. Al encarar el proyecto de iluminación de un local comercial o cualquier tipo de local de ventas, habrá que considerar los siguientes aspectos importantes:

- ATRAER LA ATENCIÓN.** El negocio iluminado se debe destacar entre una gran variedad de información visual en una calle comercial o en un centro comercial. La vidriera y el interior del negocio deben estar iluminados de manera tal que resalten por sus características individuales.

- CREAR INTERÉS.** Los productos exhibidos en la vidriera deben estar iluminados de manera tal que despierten interés en los clientes potenciales que los ven y que así se sientan seducidos para entrar y observar más.

•**CREACIÓN DE UNA ATMÓSFERA DETERMINADA.** La atmósfera general del área de ventas y la forma en la que se presentan los productos, destacados por la iluminación, debe influir positivamente en el comportamiento del comprador. La verdadera calidad de productos mal iluminados no se apreciará.

•**GUÍA VISUAL.** La iluminación debe ayudar al comprador a desplazarse por el negocio.

•**INTEGRACIÓN.** El equipamiento del interior del negocio es un reflejo de la estrategia de ventas. La iluminación debe ajustarse a la misma.

•**FLEXIBILIDAD.** Las estrategias y las tendencias cambian con rapidez, y las temporadas llegan y se van. Debe ser posible adaptar la iluminación de acuerdo con los requerimientos exigidos.

Figura.4.22. Ejemplo local comercial con varias alternativas de iluminación.



4.3.2. Niveles de iluminación. Cuando existe iluminación de acentuación, debe reducirse el nivel de iluminación general. Esto se debe a que la iluminación acentuada produce dispersión y reflexión de la luz, lo cual contribuye a la iluminación general. Además, la iluminación general fuerte limita el grado al que se pueden crear acentuaciones. En grandes superficies el nivel de iluminación deber ser alto ya que sólo se utiliza iluminación general (véase tabla 2.9).

4.3.3. Apariencia del color. La impresión creada por un espacio depende en gran medida del color de la luz empleado allí. Esto se da especialmente en el caso de interiores de negocios, en donde la temperatura de color de las lámparas empleadas es fundamental para crear un lugar acogedor y llamativo.

Por ejemplo, los artículos que necesitan exhibirse en una atmósfera cálida, lujosa y amigable requieren un nivel de iluminación bajo con un color de luz extra cálido. Por otro lado, los artículos exhibidos en un ambiente abierto y organizados uniformemente, necesitan una iluminación general con una temperatura de color más alta, acompañado de un nivel de iluminación igualmente alto. En todos estos casos es de extrema importancia escoger lámparas con una reproducción cromática alta para brindar al cliente una mejor apreciación del producto.

Figura.4.23. Local comercial donde el color de las prendas es importante.



4.3.4. Consideraciones del diseño de un local comercial. La iluminación de un negocio comprende la consideración de dos elementos de iluminación básicos: iluminación general e iluminación de acentuación. Una vez que los distintos requisitos relacionados con cada uno de estos elementos han sido especificados con exactitud, se pueden elegir los tipos de luminarias y lámparas más apropiados para realizar el plan de iluminación según el tipo de local.

4.3.4.1. Iluminación de grandes superficies. En grandes supermercados normalmente predomina la iluminación general proveniente de una disposición regular de luminarias fluorescentes bastante grandes con un buen índice de reproducción de color, esto es aceptable para áreas extensas en un piso típico de ventas de un gran negocio, siempre y cuando haya una importante variedad visual en otras formas de presentación. Por otro lado, las áreas de exhibición destinadas a los artículos de lujo tienen a menudo una iluminación general proveniente de una disposición de lámparas de luz puntual a descarga de alta presión o halógenas. Entre estos dos extremos es posible una amplia gama de soluciones, entre las cuales Iluminaciones Técnicas S.A. ofrece:

Figura. 4.24. Ejemplos de iluminación general de un supermercado utilizando luminarias Ref. IF-SAB1X8/3X3T83241/E1



Figura. 4.25. Ejemplos de iluminación puntual en un supermercado utilizando luminarias Ref. Bala ITD32P/2T42641/E1.



4.3.4.1. Iluminación de locales pequeños. La iluminación de un local comercial como primera medida debe ser flexible, para tal fin se puede utilizar una combinación de iluminación general con iluminación de acentuación y en algunos casos iluminación decorativa. Al acentuar la iluminación se utilizan “spots” graduables con lámparas calidas y de alta reproducción cromática, dirigidas al producto, obteniendo sombras duras que dan un efecto dramático y agresivo. El objetivo es dar la máxima expresión a la forma, estructura, textura y color en contraste con los alrededores. La iluminación de acentuación también crea brillo y resplandor. En resumen, produce el refinamiento que hace atractiva una exhibición.

En casos donde solo se utiliza un tipo de iluminación se debe procurar dar la mayor importancia al producto exhibido en el momento de ubicar las luminarias y garantizar un buen nivel de iluminación en las demás áreas del local. Iluminaciones Técnicas ofrece gran variedad de luminarias como por ejemplo:

Figura. 4.26. Ejemplo de iluminación general con mayor énfasis sobre el producto. Utilizando luminarias aplique ref. ITH31V 2T44241/E1.



Figura. 4.27. Ejemplo combinando iluminación general, acentuación y decorativa. Utilizando luminarias ref. IF-SAE 1X8/2X2T554HO41/UNV.



Figura. 4.28. Ejemplo combinando iluminación general y decorativa. Utilizando luminarias ref. ILTELUX- IMVFE 1X1/150MHQI/M2.



Figura. 4.29. Ejemplo combinando iluminación general y de acentuación en vitrinas. Utilizando luminarias tipo bala ref. ITD33P 150MHQI/M2.y ref. ITH31V 150MHQI/M2.



4.4. ILUMINACIÓN DE AULAS

Lo más importante al iluminar un salón de estudio es proporcionar el nivel de iluminación adecuado que brinde seguridad, siempre pensando en la integridad física de las personas que hagan uso de este espacio. Además de ser un espacio iluminado confortablemente.

Figura. 4.30. Ejemplo iluminación en sala de sistemas.



Los establecimientos educativos están por lo general diseñados para recibir luz natural siempre que sea posible. Por lo tanto los controles de iluminación deben asegurar que la iluminación artificial se pueda graduar fácilmente para ajustarse a las condiciones de luz natural prevalecientes.

Figura. 4.31. Ejemplo iluminación en aula de clases. Utilizando luminarias ref. IF-SAE 1X8/2X2T83241/E1.



En un aula convencional la pared de la ventana es paralela a la dirección de visión. Entonces es posible proporcionar una buena iluminación, sin deslumbramiento, colocando en el cielorraso, luminarias de poco brillo o con buen apantallamiento. Las filas deben estar lo suficientemente espaciadas como para permitir que las hileras de bancos se coloquen entre las mismas. La última precaución apunta especialmente a reducir el deslumbramiento reflejado sobre la superficie de trabajo.

Figura. 4.32. Ejemplo iluminación en aula de clases. Utilizando luminarias ref. IF-SAE 1X8/2X2T83241/E1.



En algunos casos la pizarra tiene su propio sistema de iluminación con el cual se eliminan tanto el deslumbramiento directo como las reflexiones de velo sobre el mismo. La disposición más simple consiste en montar una o más luminarias fluorescentes en el cielorraso protegidas de la visión de los alumnos de manera tal que iluminen el pizarrón en un ángulo de no menos de sesenta grados desde la normal hasta cualquier parte de su superficie.

Figura. 4.33. Ejemplo iluminación en aula de clases. Utilizando luminarias ref. IF-SAE 1X8/2X2T83241/E1.



4.5. ILUMINACIÓN DE HOTELES Y RESTAURANTES

En los hoteles y restaurantes la calidad de la iluminación es tan importante, si no más, como la cantidad. La cantidad es importante en la recepción y en las áreas más funcionales, como las cocinas y oficinas; pero será la calidad de la iluminación en los espacios públicos tanto de día como de noche, la que haga que un visitante se sienta a gusto con el ambiente del hotel o del restaurante.

La iluminación de los hoteles y restaurantes debe cumplir los siguientes requisitos fundamentales: Atraer potenciales visitantes que pasen cerca del edificio iluminando intensamente las entradas e iluminando la zona de la recepción en forma atractiva. Guiar a los visitantes hacia el edificio por medio de carteles luminosos colocados a lo largo de las rutas de acceso; guiarlos dentro del edificio hacia la mesa de recepción y desde allí hacia otras áreas.

Crear una atmósfera agradable y hospitalaria, especialmente en las áreas públicas tales como el hall de entrada, la recepción, la sala de estar y el restaurante, pero también en las habitaciones.

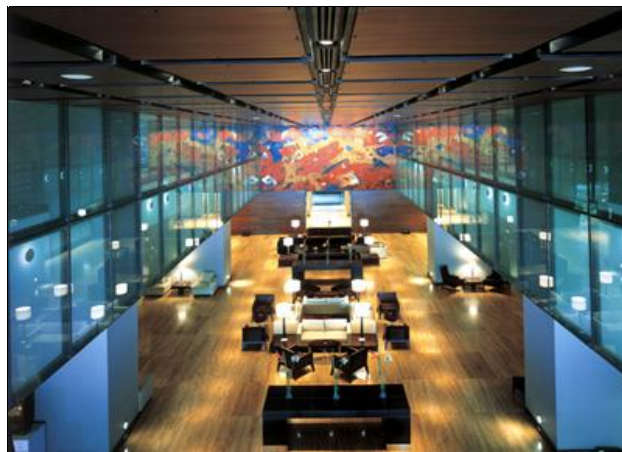
Es igualmente importante que la iluminación esté integrada y en equilibrio con la decoración interior y con la imagen del establecimiento. En el caso de una cadena de negocios, la iluminación debe contribuir a reafirmar el estilo de la casa y en espacios públicos, ser capaz de crear cambios notables en la atmósfera y en el ambiente para adaptarse a las diferentes ocasiones.

Figura. 4.34. Ejemplo iluminación en hoteles.



4.5.1. Hall de entrada, recepción y sala de estar. Estos son la carta de presentación de las instalaciones en cuestión. Por lo tanto, las primeras impresiones son muy importantes, y la iluminación puede ayudar a crear la imagen que el lugar desea proyectar. En estas áreas se recomienda utilizar iluminación indirecta jugando con el diseño del cielo falso, junto a luminarias tipo bala de una luz lo más cálida posible.

Figura. 4.35. Ejemplo iluminación en hall de un hotel.



La iluminación de la recepción y de la sala de estar se debe equipar con mecanismos de encendido y de graduación para satisfacer los diferentes requerimientos del día y la noche.

La flexibilidad en la iluminación es de particular importancia en la sala de estar, ya que permite una iluminación adecuada cuando se la utiliza para distintas actividades, tales como reuniones, proyecciones de películas y fiestas.

Figura. 4.36. Ejemplo iluminación recepción.



4.5.2. Restaurantes. Cuando el objetivo en un restaurante es crear una atmósfera íntima y nocturna, la iluminación general se debe mantener bastante baja, pero con aumentos locales en las mesas proporcionados por spots o velas que produzcan este efecto (véase tabla 2.9.). Se deben tener en cuenta dos fenómenos psicológicos básicos: los niveles altos de brillo estimulan la actividad y el movimiento, mientras que los niveles bajos fomentan la relajación, la reflexión y el romance.

Figura. 4.37. Ejemplo iluminación en restaurantes.



La iluminación acentuada se puede utilizar con buen resultado para destacar rasgos especiales como cuadros, o alguna particularidad en la arquitectura.

En lugares donde se realizan actuaciones o shows, se deben tomar las precauciones necesarias para que se pueda utilizar un equipo de iluminación de escenarios. Se deben proveer tomacorrientes para una iluminación local para exhibiciones en áreas en las que éstas se puedan llevar a cabo.

Figura. 4.38. Ejemplo iluminación en bares.



4.5.3. Habitaciones. Para lograr una atmósfera atractiva y cómoda se necesitan, por lo general, equipos de iluminación variados, decorativos en apariencia así como también en efecto. La iluminación de la habitación de un hotel debe estar proporcionada por una Iluminación general que provenga de luminarias montadas en el cielorraso o en las paredes, o por una iluminación indirecta, junto con una iluminación de cabecera.

Figura. 4.39. Ejemplo iluminación habitaciones de un hotel.



4.5.4. Áreas de servicio. A diferencia de las áreas tratadas arriba, donde la atmósfera y el estilo son de capital importancia, las áreas de servicio requieren por sobre todas las cosas iluminación de alta calidad para el trabajo. El acento debe proporcionar un nivel de iluminación uniforme de alrededor de 500 lux (véase tabla 2.9.), con un buen rendimiento de color (de especial importancia en cocinas, donde una buena discriminación de los colores es esencial).

4.6. ILUMINACION DE HOSPITALES

Los requerimientos en la iluminación de hospitales varían en las diferentes áreas del hospital y dependen también de una amplia gama de condiciones visuales determinadas por las necesidades de los distintos usuarios: pacientes, médicos y enfermeras y personal de limpieza. En algunos casos predominan los requerimientos del cuerpo médico, en otros una iluminación cómoda para los pacientes es de gran importancia.

El color producido por las fuentes de luz tanto como el reflejado por los alrededores, es de particular importancia, porque puede contribuir a crear las condiciones óptimas necesarias para tratamientos y exámenes, como por ejemplo, cuando el diagnóstico del estado de un paciente puede estar relacionado con el color, o el cambio de color, de la piel.

Se debe instalar una iluminación de emergencia en todas las áreas de desplazamiento interno y en las salidas y las otras áreas en las que la vida y la seguridad correrían peligro debido a la ausencia de iluminación.

4.6.1 Habitaciones del hospital. En las áreas de habitaciones deben considerarse las necesidades visuales de los pacientes mismos y del personal médico y de limpieza. Los pacientes deben poder leer y realizar trabajos manuales en sus camas o cerca de ellas, descansar o dormir sin ser molestados por deslumbramiento alguno, y moverse por la habitación con seguridad durante la noche y el día.

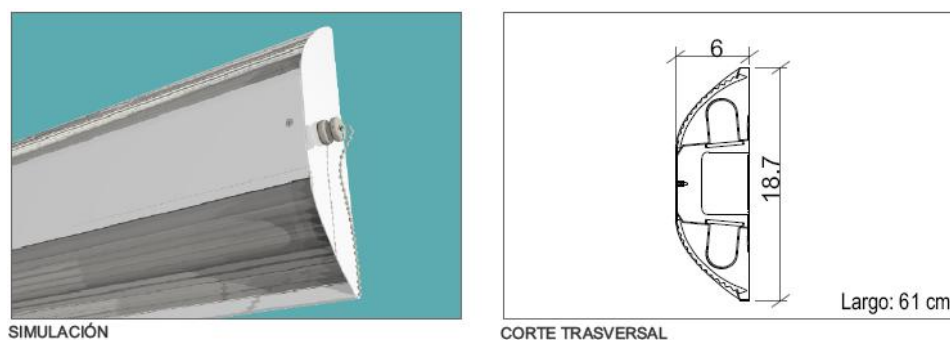
Fig. 4.40. Ejemplo iluminación habitaciones de un hospital.



La iluminación de las habitaciones se debe instalar de tal forma que no cause deslumbramiento molesto al cuerpo médico ni a los pacientes.

La iluminación general de la habitación debe ser suficiente para que se puedan llevar a cabo correctamente las tareas médicas y domésticas de rutina. La iluminación indirecta preferida en estos casos, que está por lo general incorporada a las luminarias de la cabecera.

Figura.4.41. Luminaria Ref. IT CABECERA KCR1X2/2T81741/2M1



4.6.2. Consultorios. La iluminación para consultorios se debe planificar de manera tal que haga posible la realización de una gran variedad de tareas visuales. Esto normalmente se logra utilizando un sistema combinado de iluminación general y local. La iluminación general y la local se deben combinar lo máximo posible, según su temperatura de color. La iluminancia del primer tipo de iluminación debe ser entre 500 y 1000 lux (véase tabla 2.9.).

Figura.4.42. Ejemplo iluminación consultorio.



4.6.3. Salas de operaciones. La iluminación de las salas de operaciones requiere un equilibrio delicado entre la iluminación especial utilizada para iluminar la mesa de operaciones ubicada en el centro y aquella que proporcione la iluminación para el resto de la sala (Iluminación local e iluminación general respectivamente.).

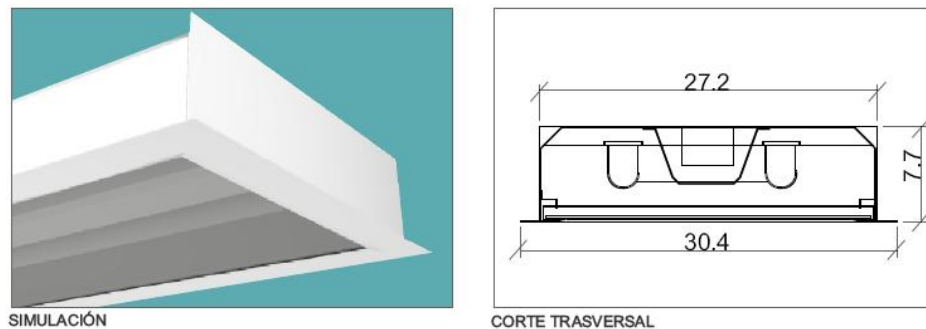
La luminaria de operaciones está diseñada para brindar sobre la mesa una iluminación desprovista de sombras; de muy alta iluminancia aproximadamente entre 30000 y 100000 lux. La iluminancia proporcionada por la iluminación general debe estar en el orden de 750 lux con el objeto de mantener siempre las diferencias en la luminancia dentro de la sala en un máximo aceptable (véase tabla 2.9.).

El color de la iluminación general en una sala de operaciones debe también ser compatible con la iluminación de la luz de operaciones, es decir que la temperatura de color de las dos fuentes debe combinar lo máximo posible.

La fuente preferida para la iluminación general de la sala es la lámpara fluorescente tubular con una temperatura de color de 4100 K y con el mejor rendimiento de color posible.

Las luminarias deben ser del tipo hermético empotradas (IP65), especiales para estas áreas controladas. Equipadas con difusor acrílico y construidas de tal manera que no acumulen polvo o suciedad.

Figura.4.43. Luminaria hermética Ref. ILTELUX-IPCMH 1X4/2T83241/E1



El nivel de iluminancia proporcionado por la iluminación local se logra instalando luminarias construidas especialmente para este propósito las cuales se instalan sobre soportes móviles.

Figura.4.44. Ejemplo iluminación en una sala de operaciones



4.6.4. Otras áreas hospitalarias. Un hospital tendrá por lo general muchas otras salas además de aquellas mencionadas más arriba. Habrá probablemente laboratorios, oficinas, salas de conferencia, áreas de recepción, salas de terapia, salas para niños, cuartos de incubadoras, cocinas y diferentes áreas de servicio y comunicación.

La iluminación para estas habitaciones y áreas es la misma que la recomendada para áreas similares en otros edificios y que se encuentran descritas a lo largo de los distintos capítulos de este manual (véase tabla 2.9.).

4.7. ILUMINACIÓN RESIDENCIAL

A pesar que la iluminación residencial será siempre un tema en el que el gusto personal tendrá un rol predominante, existen ciertos puntos acerca de los cuales se puede proporcionar una guía útil.

En algunos espacios tales como áreas de trabajo, lavaderos y cocina, lo único que se necesita es una buena iluminación, uniforme y sin sombras; pero en otras en cambio, como comedor, sala y habitaciones se quisiera tener algo diferente, con personalidad y detalles: que la luz sea protagonista.

El gusto por solo un foco de luz central para iluminar un recinto es cosa del pasado, hoy día se tienen en cuenta alternativas diferentes de iluminación.

Tres aspectos a considerar en este caso son: una general, una de trabajo y una localizada de acentuación.

Figura.4.45. Ejemplo iluminación en el hogar.



La iluminación general o de ambiente es la que proporciona la luz necesaria para circular, realizar tareas de limpieza entre otras, además debe ser una iluminación uniforme y sin sombras. La iluminación de trabajo o tarea debe ser también uniforme pero de mayor intensidad para algunos lugares específicos de la casa donde se realicen tareas que requieran mejores condiciones de visión.

Por último, la iluminación de acentuación será de mucho más nivel que la general y estará concentrada en puntos de interés específicos. Esta subdivisión nos dará la flexibilidad de utilizarlas simultáneamente o realizar las combinaciones que más satisfagan nuestras necesidades o estados de ánimo.

Figura.4.46. Ejemplo iluminación en el hogar.



Se pueden destacar las siguientes zonas de la residencia:

4.7.1. El comedor. Muchos de los hogares no tienen un comedor separado, sino un área de comedor que forma parte de la sala de estar. Se puede enfatizar la sensación de intimidad concentrando la luz sobre la mesa en lugar de iluminar de manera uniforme toda el área o la habitación. Sin embargo, se deben incluir también las caras de los asistentes. Una sola luminaria suspendida sobre la mesa es la solución usual, a pesar de que con mesas más grandes, se pueden utilizar dos o tres luminarias pequeñas que combinen. Estas luminarias poseen lámparas con una temperatura del color cálida.

La instalación de un “dimmer” (control atenuador de tensión, solo útil en lámparas incandescentes) es útil ya que permite graduar el nivel de iluminación según la ocasión o la tarea, o sencillamente mantener el área de la mesa iluminada cuando no se la usa, como parte del “paisaje” de la sala.

Figura. 4.47. Ejemplos de iluminación en comedores.



4.7.2. La cocina. La cocina es de hecho una especie de taller y por lo tanto necesita una iluminación general virtualmente libre de sombras. Esta debe llegar a todas las superficies, no solo a las superficies de trabajo horizontales, sino también a las verticales para facilitar la tarea de buscar cosas en las alacenas.

Una iluminación local adicional puede ser necesaria para cubrir las sombras proyectadas por las alacenas y/o por los ocupantes de la cocina parados en las superficies de trabajo.

Figura.4.48. Ejemplo de iluminación en una cocina.



La iluminación, tanto general como local, debe contribuir al fácil discernimiento entre las diferencias de color mínimas en los alimentos. Esto significa, por supuesto que todas las lámparas deben tener un índice de reproducción de color alto ($IRC > 80$) y una temperatura del color mas fresca que el reto de la casa. Al mismo tiempo, la apariencia de color creada por la iluminación debe estar de acuerdo con la del resto de la casa.

Figura.4.49. Ejemplo de iluminación en una cocina.



4.7.3. Dormitorios. Además de la iluminación general, se requerirá una local que proporcione iluminación adecuada sobre el tocador y para leer en la cama.

El tocador se puede iluminar mejor por medio de dos paneles luminosos de bajo brillo montados verticalmente, uno a cada lado del espejo. Una buena iluminación para la cabecera se puede obtener con luminarias mellizas montadas en la pared que tengan una distribución de luz de amplitud mediana y que se prendan y gradúen individualmente según las necesidades.

Figura.4.50. Ejemplo de iluminación un dormitorio.



En dormitorios para niños se prefiere tener mucha luz. La luz suave es preferida por los adultos para la relajación, a diferencia de los infantes que puede causarles temor.

Para los dormitorios de los adolescentes, los spots graduables y removibles sobre un riel de energía que puedan colocarse en cualquier lugar de la habitación ofrecen una buena flexibilidad en la iluminación.

Figura.4.51. Ejemplo de iluminación una habitación.



4.8. AREAS COMUNES

En estas áreas se incluyen las distintas puertas, pasillos, escaleras y baños. De especial importancia dado que el bajo nivel de iluminancia en estos sitios es la mayor causa de accidentalidad dentro de una residencia.

Figura.4.52. Ejemplo de iluminación en áreas comunes.



4.8.1. Circulaciones. En las circulaciones la iluminación debe cumplir fundamentalmente con la necesidad de brindar seguridad a las personas que transitan por el edificio, al margen de proveer buena luz para la circulación. Esto es en razón de que, si bien es importante producir un buen nivel de iluminación horizontal, no menos importante es iluminar las superficies verticales, es decir, las paredes; esta iluminación será en definitiva la que proporcionará la sensación de seguridad. Cuando las paredes quedan en penumbras, se produce lo que en iluminación se denomina "efecto caverna", una sensación sumamente lúgubre y deprimente, especialmente tratándose del lobby de un edificio.

Figura.4.53. Ejemplo de iluminación en circulaciones.



La iluminación en los pasillos debe ser acorde con la iluminación de las habitaciones contiguas de manera tal que no haya diferencia en la iluminancia al pasar de uno a otra. El nivel de iluminación sobre el piso estará bien entre los 100 y 150 lux dependiendo de cada caso en particular (véase tabla2.9.).

Para alcanzar los niveles necesarios en estas áreas se recomienda utilizar lámparas fluorescentes compactas en luminarias tipo bala, dispuestas a lo largo del pasillo cuando la altura del cielo sea relativamente baja. Con esto se podrá aprovechar plenamente la economía en el costo de energía que brinda este tipo de lámparas.

Figura.4.54. Ejemplo de iluminación en circulaciones en centros comerciales.



Figura.4.55. Ejemplo de iluminación en circulaciones de un hospital.



4.8.2. Baños. La necesidad principal en el baño, así como en la cocina, es la de una buena iluminación general del interior como un todo, más una iluminación local.

La iluminación general debe ser lo suficientemente potente como para atravesar la cortina o la división de la ducha. Puede ser proporcionada por una luminaria separada montada en el cielorraso (fuera del alcance de cualquiera que se esté bañando), pero comúnmente la iluminación local del espejo que está sobre el lavamanos basta para proporcionar una iluminación general adecuada. Esta debe dirigir la luz hacia la persona y no hacia el espejo. Debe dar la menor cantidad de sombra posible, lo que implica utilizar luminarias de superficie grande, montadas preferiblemente en forma vertical a ambos lados del espejo.

Figura.4.56 Ejemplo de iluminación en un baño residencial.



4.9. ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA

La iluminación de emergencia está diseñada para entrar en funcionamiento cuando falla la iluminación normal.

La iluminación de emergencia con alimentación individual es completamente independiente de la alimentación del circuito principal, a excepción de la carga y consiste en baterías muy confiables, recargables, montadas en cada luminaria, con un sistema automático de encendido en el momento de la ausencia de tensión. Cuando se restablece la energía dejan de operar y se vuelven a cargar. Este sistema es el más confiable puesto que las lámparas individuales pueden seguir funcionando aún durante un incendio o cuando el cable del circuito principal es destruido.

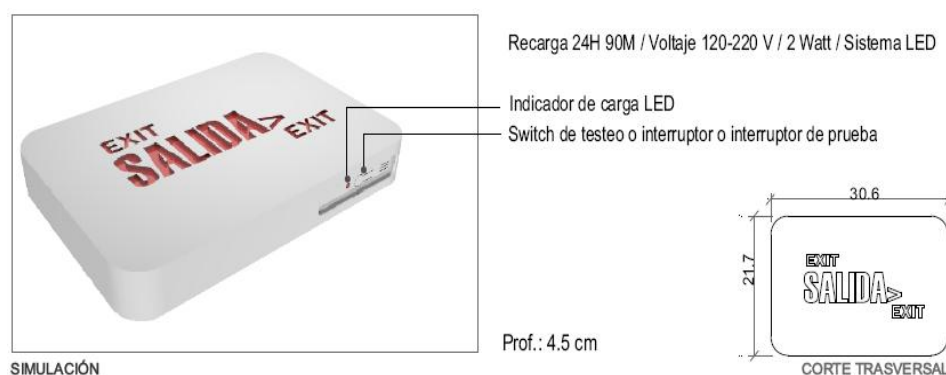
Iluminación de emergencia con alimentación central trabaja desde un generador o una alimentación de baterías de emergencia central, que se enciende automáticamente si falla el circuito principal. Una desventaja del sistema es que depende del cableado interno del edificio para la distribución de la energía de emergencia y por lo tanto, puede ser fácilmente interrumpido en caso de incendio o daño estructural.

4.9.1. Iluminación en rutas de evacuación. Esta iluminación debe ser suficiente para que un edificio se pueda evacuar con rapidez y seguridad durante una emergencia. La iluminancia sobre cualquier punto del piso de la ruta de evacuación no debe ser inferior al 1 por ciento del promedio proporcionado por la iluminación normal, con un mínimo de 5 lux. Además se recomienda instalar avisos luminosos en las salidas de emergencia. Para este caso Iluminaciones Técnicas S.A. ofrece:

Figura.4.57. Luminaria de emergencia Ref. IT 90E.

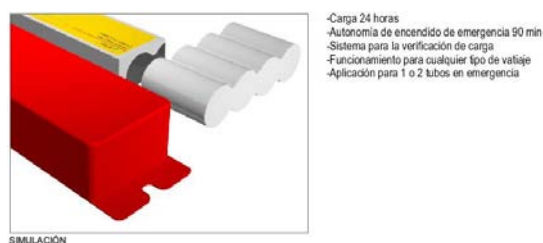


Figura.4.58. Luminaria de emergencia Ref. SALIDA DE EMERGENCIA LED.



4.9.2. Iluminación de seguridad. Esta iluminación debe garantizar la seguridad de las personas que realizan trabajos de una naturaleza potencialmente peligrosa. La iluminancia sobre el área de trabajo proporcionada por la iluminación de seguridad no debe ser menor que el 5 por ciento de aquella proporcionada por la iluminación normal. Para este caso Iluminaciones Técnicas S.A. ofrece:

Figura.4.59. Balastos de emergencia para luz fluorescente.



5. CONCLUSIONES

La información consignada contribuye a ampliar y fortificar los conocimientos generales sobre iluminación y sus parámetros físicos a arquitectos, ingenieros, diseñadores, comercializadores dedicados a la iluminación y clientes especializados.

Este manual presenta productos de Iluminaciones Técnicas S.A. que responden a las necesidades más comunes en el mercado actual de la iluminación, generando soluciones, como por ejemplo las luminarias High Bay de gran eficiencia, de bajo consumo y con características ideales para ser usadas en sistemas de iluminación a grandes alturas, que reemplazan las lámparas de alta descarga.

Las herramientas para el cálculo de la iluminación interior se expusieron de manera clara y concreta, además se desarrolló una herramienta informática fruto de la necesidad de Iluminaciones Técnicas S.A. por llevar de forma práctica el desarrollo de cálculos utilizando fotometrías de luminarias propias en un ambiente didáctico y amigable.

El manual presenta ítems para la metodología en los campos de aplicación como por ejemplo industria, comercio y educación, teniendo en cuenta las normas y recomendaciones nacionales (RETIE, NTC 2050 Y GTC8).

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Unidad ejecutiva de servicios públicos. Manual único de alumbrado público. Bogota, 2002 . 46 p.

Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo [en línea]. Cali: Juan Guasch Farras, 2005. [consultado noviembre 2006]

Disponible en: <Http:\Documents\iluminacion\Cálculoseniluminacióndeinteriores.htm>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Guía Técnica Colombiana GTC8. Segunda actualización. Bogota: ICONTEC, 1995. 85 p.

MIEMBROS DEL PERSONAL PHILLIPS DE ILUMINACIÓN. Manual de Iluminación Phillips. Argentina, 1995. 467 p.

MIEMBROS DEL PERSONAL PHILLIPS DE ILUMINACIÓN. Manual de alumbrado Phillips. España: Editorial Paraninfo S.A., 1979. 300 p.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA REPUBLICA DE COLOMBIA. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Bogota, 2005. 85 p.

RAMÍREZ VÁSQUEZ, José. Luminotecnia. 6 ed. Barcelona: CEAC, 1989. 630 p.

ANEXOS

Anexo A. Identificación de referencias en luminarias de iluminaciones técnicas

1. Seleccione el tipo de luminaria a crear.
2. Identifique el tipo de montaje o instalación.
3. Defina si la referencia seleccionada tiene aleta o fondo.
4. Defina el tipo de difusor de la luminaria.
5. Identifique las dimensiones de la luminaria.
6. Defina si la referencia tiene rejilla.
7. Identifique el número de lámparas por referencia.
8. Defina el tipo de lámpara de la luminaria.
9. Identifique el color de la lámpara.
10. Identifique el tipo de balasto a emplear en la luminaria.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tipo de Luminarias	Tipo de montaje o instalación	Aleta o Fondo	Tipo de Difusor	Dimensiones	Rejilla	Nº de Fuentes	Tipo de Fuente / Watos	Color Fuente	Balasto

1	TIPO DE LUMINARIA
	CCC
	CCCE
	CFE
	CFEE
	CAPGI
	IF
	ILTELUX
	IT100
	IT300E
	LFA
	LFS
	MFLE
	BAÑAD
	HIG BAY
	RGTA
	BALA
	APLIQUE

	IT90E
2	TIPO DE MONTAJE
C	Colgar
S	Sobreponer
I	Incrustar
IM	Incrustar con marco

3	ALETA
AE	Aleta Especular
AB	Aleta Pintada
FE	Fondo Especular

4	DIFUSOR
P	Acrílico Prismático
PC	Acrílico Cristal
V	Vidrio Templado Cristal
MICRO	Micro-perforado

5	DIMENSIONES EN PIES
	1X1
	1X2
	1X4
	1X8
	2X2
	2X4
	2X8
	4X4
	Especial
	Diámetro (Balas)

6	REJILLAS			
	TIPO	# CELDAS		ACABADO
ENV	Envolvente	6	E	Especular
SENV	Semienvolvente	8	SE	Semiespecular
		12	BL	Blanca
		16		
		18		
		24		
		36		

7	NUMERO DE FUENTES
	1
	2
	3
	4
	6
	1X1
	2X2
	3X3
	4X4

8	TIPO DE FUENTE / WATIOS
	T8 -17W
	T8-32W
	T8-59W
	T8-15W
	T8- 30W
	T8 -15W
	T5-21W
	T5-28W
	T5-35W
	T5-54W
	T5-24W
	T12-15W
	T12-20W
	T12-40W
	T12-39W
	T12-75W
	T4-13W
	T4-26W
	T4-32W

	T4-42W
	T4-57W
	T4-70W
	70WNA
	150WNA
	250WNA
	400WNA
	70MH
	60W INC
	100W INC

9	COLOR FUENTE
27	2700° K
35	3500° K
40	4000° K
41	4100° K
50	5000° K
65	6500° K
	GROLUX
	GERMICIDA
UV	ULTRA VIOLETA
	AZUL
	VERDE
	ROJO

10	BALASTO		
	TIPO		TENSIÓN
M	Magnético	1	110
E	Electrónico	2	220
		3	254
		4	277
		5	440
		UNIV	TENSIÓN UNIVERSAL

Anexo B. Manual de usuario para software “cálculo de iluminación iltec.1.0.xls”

INTRODUCCION

Este documento es una guía para usar correctamente la herramienta informática que permite el cálculo de iluminancia usando el “método de las cavidades zonales”.

Los planteamientos teóricos y la formulación matemática se encuentran en el “Manual de Iluminación Interior” realizado como pasantía en Iluminaciones Técnicas S.A.

GENERALIDADES

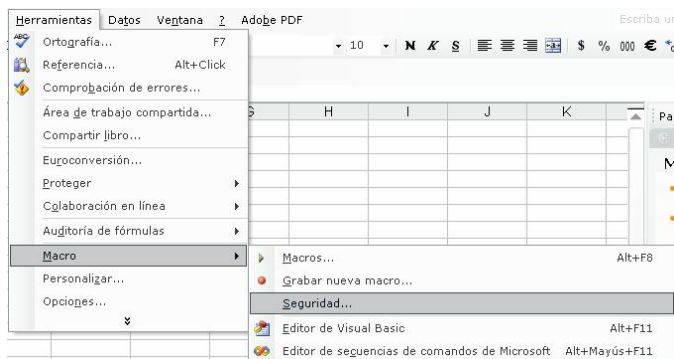
La herramienta de cálculo se realizó para facilitar los cálculos a los usuarios y permitir obtener, analizar y procesar los resultados de manera ágil y confiable, pero el análisis depende del criterio del usuario según las características de cada proyecto.

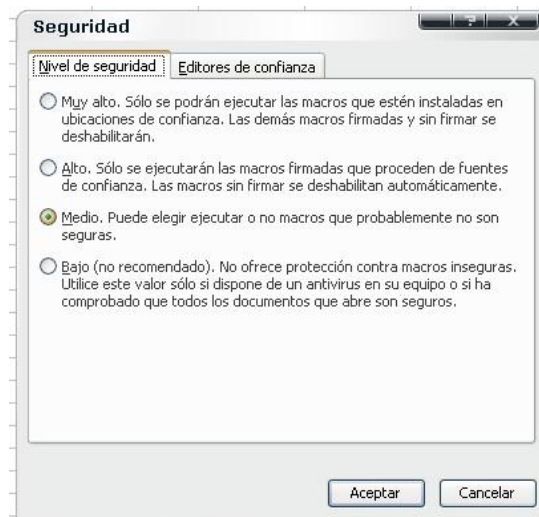
REQUERIMIENTOS

Esta aplicación informática fue desarrollada sobre Microsoft Office Excel versión 2003 utilizando la herramienta de Macro. Su visualización está configurada con una resolución de 1024 X 768 píxeles.

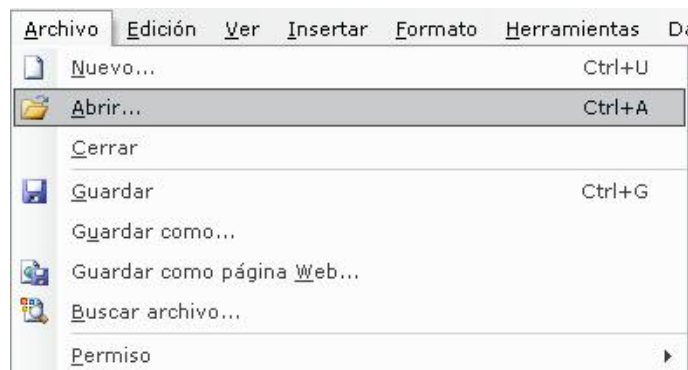
ACCESO A LA APLICACIÓN

Para acceder a las hojas de cálculo, debemos configurar inicialmente el nivel de seguridad para las macros en Microsoft Excel, para esto haga clic en Herramientas / Macro / Seguridad / Nivel de Seguridad / Medio.





Para ejecutar la hoja de calculo, copie el archivo “CALCULO DE ILUMINACION ILTEC.xls”, en el directorio de su preferencia y haga doble clic sobre él o desde Microsoft Excel seleccione en el menú superior: Archivo / Abrir y busque el directorio del archivo.


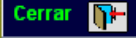
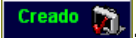


Al abrirse Excel mostrara una ventana para habilitar las macros, haga clic en Habilitar Macros.




En este punto usted debe estar viendo la página principal de la herramienta de cálculo, donde se realiza una breve presentación.

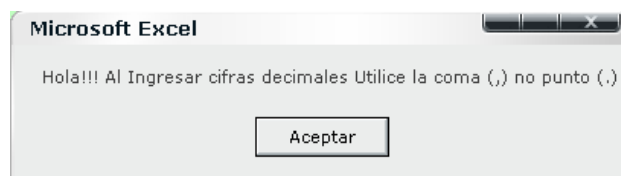


Para continuar haga clic en  , para salir de la hoja de calculo haga clic en  o para ver los créditos haga clic en .

INGRESO DE DATOS

Al hacer clic en  usted accede al formulario de entrada de datos donde se debe llenar los campos en blanco que permitan ser manipulados o escoger una opción de los menús desplegables.

Inicialmente se observa un mensaje el cual recuerda utilizar comas al ingresar cifras decimales. Haga clic en aceptar.



En este momento veremos el formulario de ingreso de datos para el cálculo del proyecto.

INGRESO DE DATOS

Ciente

Nombre del Proyecto : Elaborado por

Recinto : Fecha (dd/mm/año)

Dimensiones del Recinto

1. Longitud o largo : L [X] Mts

2. Ancho : W [Y] Mts

3. Altura de piso a cielo falso o techo (Altura de montaje) A [Z] Mts

4. Altura del plano de trabajo : h = Mts

5. Altura de la cavidad del recinto (Calculo) H = (A-h) Mts

6. Índice de cavidad del recinto : RCR =

Factores de Reflexión

[..... Colores]

Cielo falso o techo PCC =

Paredes : PW =

Piso : PFC =

Datos de la Luminaria

1. Luminaria fluorescente Ref:

2. Descripción del tubo fluorescente

3. Numero de tubos fluorescentes que tiene la luminaria n = Unidades

4. Flujo lumínico del tubo fluorescente f = Lúmenes

5. Flujo lumínico de la luminaria Lúmenes

6. Potencia nominal del tubo fluorescente Watios

7. Consumo nominal de la luminaria Watios

8. Factor de mantenimiento m =

Parámetros Luminicos

1. Iluminancia o nivel de iluminación requerido E = Lux

2. Flujo lumínico total requerido

3. Factor o coeficiente de Utilización U = Lúmenes

Resultados

1. Numero teórico de luminarias requeridas Unidades

2. Luminarias sugeridas en sentido longitudinal [X] = Unidades

3. Luminarias sugeridas en sentido transversal [Y] = Unidades

4. Espaciamiento longitudinal sugerido [X] = Mts

5. Espaciamiento transversal sugerido [Y] = Mts

6. Numero sugerido de luminarias a utilizar en el recinto Unidades

7. Iluminancia o nivel de iluminación inicial Lux

8. Iluminancia o nivel de iluminación promedio o mantenido Lux

9. Potencia nominal por metro cuadrado W / M2

Numero de Luminarias en sentido transversal

1. Elegido por distribución

Controles

[Resultados](#) [Ayuda](#) [Salir](#)

Este formulario esta dividido por grupos de datos, enunciados por su respectivo titulo en la parte superior.

En el primero de ellos se encuentra la información general del proyecto.

Cliente	
Nombre del Proyecto :	Elaborado por
Recinto :	Fecha (dd/mm/año)

En este grupo se ingresan las dimensiones del recinto, sobre los campos de color mas claro.

Dimensiones del Recinto	
1. Longitud o largo :	L [X] Mts
2. Ancho :	W [Y] Mts
3. Altura de piso a cielo falso o techo (Altura de montaje)	A [Z] Mts
4. Altura del plano de trabajo :	h = Mts
5. Altura de la cavidad del recinto (Calculo)	H = (A-h) Mts
6. Índice de cavidad del recinto :	RCR =

A continuación se integran las características de la luminaria que se va a utilizar.

Datos de la Luminaria	
1. Luminaria fluorescente Ref:	
2. Descripción del tubo fluorescente	
3. Numero de tubos fluorescentes que tiene la luminaria	n = Unidades
4. Flujo lumínico del tubo fluorescente	f = Lúmenes
5. Flujo lumínico de la luminaria	Lúmenes
6. Potencia nominal del tubo fluorescente	Wattios
7. Consumo nominal de la luminaria	Wattios
8. Factor de mantenimiento	m =

Este formulario contiene una base de datos con información de luminarias de Iluminaciones Técnicas S.A. que serán visualizadas en una ventana desplegable donde se elige una.

Datos de la Luminaria

1. Luminaria fluorescente Ref:

2. Descripción del tubo fluorescente

3. Numero de tubos fluorescentes que tiene la luminaria **n =**

4. Flujo lumínico del tubo fluorescente **f =**

5. Flujo lumínico de la luminaria

Dropdown menu options: CCC, CFEE, IF, ILTELUX, HIGH BAY, MFLE, LFS.

Los tubos fluorescentes a utilizar se encuentran igualmente en otro menú desplegable, para seleccionarse según la aplicación.

Datos de la Luminaria

1. Luminaria fluorescente Ref:

2. Descripción del tubo fluorescente

3. Numero de tubos fluorescentes que tiene la luminaria **n =**

4. Flujo lumínico del tubo fluorescente **f =**

5. Flujo lumínico de la luminaria

Dropdown menu options: F32T8/SP41/ECO, F17T8/SP41/ECO, F96T8/SP41/ECO, F54T5/HO41/ECO, F28T5/SP41/ECO, F21T5/SP41/ECO.

También se selecciona el factor de mantenimiento de la luminarias según el ambiente donde van a operar.

8. Factor de mantenimiento

Parámetros Lumínicos

1. Iluminancia o nivel de iluminación

2. Flujo lumínico total

Dropdown menu options: Áreas abiertas con polución, industria pesada, Áreas cerradas con polución, talleres industriales, Áreas generales, oficinas industriales, circulación, Locales públicos, grandes edificaciones, Oficinas, locales comerciales, cuartos controlados.

El grupo siguiente muestra las alternativas de color para los cielos y paredes que determinan el factor de reflexión.

Factores de Reflexión

[----- Colores -----]

Cielo falso o techo: **PCC =**

Paredes: **PW =**

Piso: **PFC =**

Resultados

Blanco
Amarillo claro
Verde claro
Gris claro
Celeste claro
Rosado claro
Marrón claro
Negro

El nivel de iluminancia requerido se ingresa en el grupo de parámetros lumínicos.

Parámetros Lumínicos

1. Iluminancia o nivel de iluminación requerido **E =** Lux

2. Flujo lumínico total requerido

3. Factor o coeficiente de Utilización **U =** Lúmenes

Por ultimo no olvide disponer la distribución de las luminarias en sentido transversal según el criterio de diseño.

Resultados

1. Numero teórico de luminarias requeridas Unidades

2. Luminarias sugeridas en sentido longitudinal **[X] =** Unidades

3. Luminarias sugeridas en sentido transversal **[Y] =** Unidades

4. Espaciamiento longitudinal sugerido **[X] =** Mts

5. Espaciamiento transversal sugerido **[Y] =** Mts

6. Numero sugerido de luminarias a utilizar en el recinto Unidades

7. Iluminancia o nivel de iluminación inicial Lux

8. Iluminancia o nivel de iluminación promedio o mantenido Lux


9. Potencia nominal por metro cuadrado W / M²

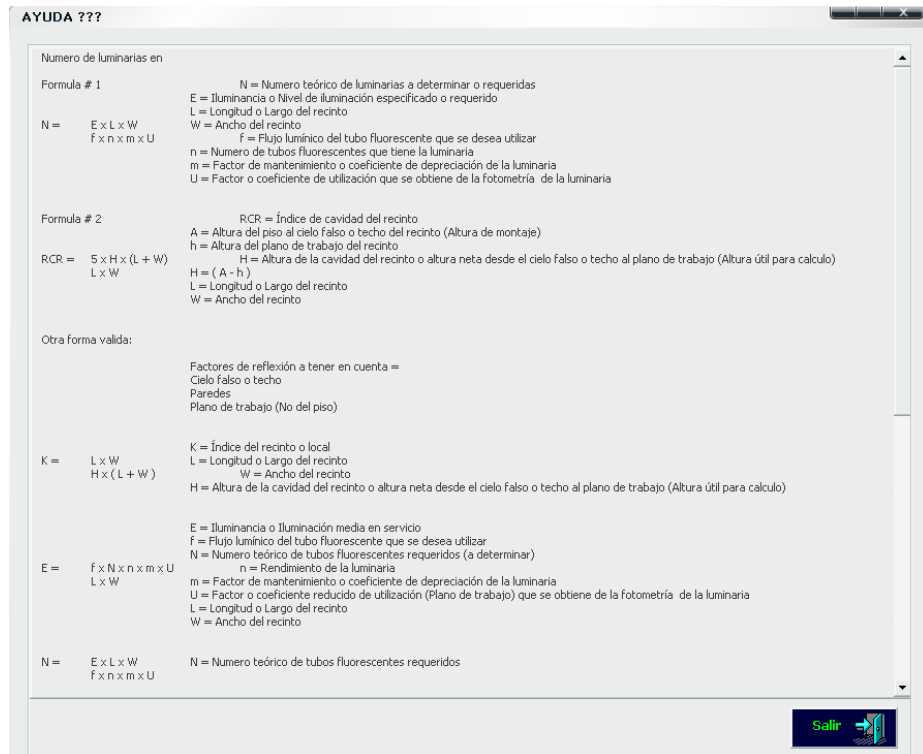
Numero de Luminarias en sentido transversal


1. Elegido por distribución

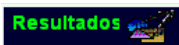
Controles

Resultados **Ayuda** **Salir**

En el menú de  encontrara la formulación y los factores que le ayudaran en caso de dudas al ingresar datos.



En cualquier momento podrá utilizar la opción  para abandonar la aplicación.

Con todos los campos efectuados, haga clic en .

FORMULARIO DE RESULTADOS.

Esta pantalla visualiza los valores ingresados y los calculados.

RESULTADOS			
Ciente Nombre del Proyecto : <input type="text" value="UAO"/> Elaborado por : <input type="text" value="JAIRO Y EDWARD"/> Recinto : <input type="text" value="LOCAL"/> Fecha (dd/mm/año) : <input type="text" value="12/10/06"/>			
Dimensiones del Recinto 1. Longitud o largo : <input type="text" value="10"/> Mts 2. Ancho : <input type="text" value="6"/> Mts 3. Altura de piso a cielo falso o techo (Altura de montaje) : <input type="text" value="3"/> Mts 4. Altura del plano de trabajo : <input type="text" value="0,8"/> Mts 5. Altura de la cavidad del recinto (Calculo) : <input type="text" value="H = (A-h) = 2,2"/> Mts 6. Índice de cavidad del recinto : <input type="text" value="RCR = 3"/>		Datos de la Luminaria 1. Luminaria fluorescente Ref: <input type="text" value="MFLE"/> 2. Descripción del tubo fluorescente : <input type="text" value="F32T8/SP41/ECO"/> 3. Numero de tubos fluorescentes que tiene la luminaria : <input type="text" value="n = 4"/> Unidades 4. Flujo lumínico del tubo fluorescente : <input type="text" value="f = 2800"/> Lúmenes 5. Flujo lumínico de la luminaria : <input type="text" value="11200"/> Lúmenes 6. Potencia nominal del tubo fluorescente : <input type="text" value="32"/> Watts 7. Consumo nominal de la luminaria : <input type="text" value="128"/> Watts 8. Factor de mantenimiento : <input type="text" value="Áreas cerradas con polución, talleres industria"/> m = <input type="text" value="0,7"/>	
Factores de Reflexión ----- Colores ----- Cielo falso o techo : <input type="text" value="Blanco"/> PCC = <input type="text" value="0,8"/> Paredes : <input type="text" value="Blanco"/> PW = <input type="text" value="0,7"/> Piso : <input type="text" value=""/> PFC = <input type="text" value="0,2"/>		Parámetros Luminicos 1. Iluminancia o nivel de iluminación requerido : <input type="text" value="E = 500"/> Lux 2. Flujo lumínico total requerido : <input type="text" value="69124"/> 3. Factor o coeficiente de Utilización : <input type="text" value="U = 0,62"/> Lúmenes	
Resultados 1. Numero teórico de luminarias requeridas : <input type="text" value="6"/> Unidades 2. Luminarias sugeridas en sentido longitudinal : <input type="text" value="X = 2"/> Unidades 3. Luminarias sugeridas en sentido transversal : <input type="text" value="Y = 3"/> Unidades 4. Espaciamiento longitudinal sugerido : <input type="text" value="X = 5"/> Mts 5. Espaciamiento transversal sugerido : <input type="text" value="Y = 2"/> Mts 6. Numero sugerido de luminarias a utilizar en el recinto : <input type="text" value="6"/> Unidades 7. Iluminancia o nivel de iluminación inicial : <input type="text" value="694"/> Lux 8. Iluminancia o nivel de iluminación promedio o mantenido : <input type="text" value="486"/> Lux 9. Potencia nominal por metro cuadrado : <input type="text" value="13"/> W / M2 Numero de Luminarias en sentido : <input type="text" value="1. Elegido por distribución"/> 3			
Controles <input type="button" value="Imprimir"/> <input type="button" value="Regresar"/> <input type="button" value="Salir"/> <input type="button" value="Guardar Proy."/>			

Para terminar este formulario le ofrece las siguientes alternativas al terminar.


Controles			
<input type="button" value="Imprimir"/>	<input type="button" value="Regresar"/>	<input type="button" value="Salir"/>	<input type="button" value="Guardar Proy."/>

Si desea guardar este proyecto con un nuevo nombre haga clic en , y asígnele una ubicación en el directorio de su preferencia.

Si su necesidad es imprimir, haga clic en . Este tipo de archivo será impreso en un formato de hoja carta.

Para cambiar un dato haga clic en regresar y volverá al formulario de datos, solo llene el dato a corregir sin importar que los otros campos se encuentren en blanco.

Para volver a calcular haga clic en .

Al hacer clic en  Microsoft Excel preguntara, si desea guardar los cambios. Al escoger Si guarda los cambios en el archivo original.

